

A MEZŐFÖLDI MŰTRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLET ELSŐ ÉVTIZEDÉNEK TANULSÁGAI

**Összeállította:
Dr. Kádár Imre**

A kiadvány alapjául szolgáló cikkek társszerzői voltak a 4 évtized alatt:

Bana Károlyné, Bártfai Tiborné, Béndek György, Bújtás Klára, Csathó Péter, Elek Éva, Fekete Sándor, Földesi Dezső, Gáspár László, Gulyás Ferenc, Győri Zoltán, Harrach Tamás, Horváth Sándor, Daood Hussein, Kazó Béla, Joachim Keck, Kiss Ernő, Kovács Géza, László Sándorné, Lásztii Borivoj, Lukács Dánielné, Márton László, Németh Tamás, Péchy Krisztina, Radics László, Ragályi Péter, Réti Ágnes, Schill Judit, Szemán László, Szilágyi Judit, Tárkány Szűcs Sándor, Vinczeffly Imre, Vörös József, Zilahy Péter

**Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet
Budapest, 2012**

A MEZŐFÖLDI MŰTRÁGYÁZÁSI TARTAMKÍSÉRLET ELSŐ ÉVTIZEDÉNEK TANULSÁGAI

ISBN: 978-963-89041-4-0

**Dr. Kádár Imre, 2012
Magyar Tudományos Akadémia
ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet**

**Lektorálta: Dr. Csathó Péter
Technikai szerkesztő: Draskovits Eszter
Hozott anyagból sokszorosítva
9421549 Akaprint Nyomdaipari Kft.
Budapest, 2012**

Tartalomjegyzék

I. Előszó	5
II. A nagyhőrcsöki műtrágyázási tartamkísérlet ismertetése	6
1. Műtrágyázás hatása a búzára (<i>Triticum aestivum</i> L.) 1974-1975	8
1.1. Termés, elemtartalom és elemfelvétel	8
1.2. Betegségellenállóság és aminosav összetétel	17
1.3. Talajvizsgálati eredmények	20
2. Műtrágyázás hatása a kukoricára (<i>Zea mays</i> L.) 1976-1977	26
2.1. Anyag és módszer	26
2.2. 1976. évi eredmények	27
2.3. 1977. évi eredmények	37
3. Műtrágyázás hatása a burgonyára (<i>Solanum tuberosum</i> L.) 1978	46
3.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	46
3.2. Anyag és módszer	48
3.3. Termés, minőség, eltarthatóság	49
3.4. Talajvizsgálati eredmények	53
3.5. Elemtartalom és elemfelvétel	56
4. Műtrágyázás hatása az őszi árpára (<i>Hordeum vulgare</i> L.) 1979	65
4.1. Termés, elemtartalom és elemarányok	65
4.2. Az őszi árpa elemfelvételéről	73
5. Műtrágyázás hatása a zab (<i>Avena Fatua</i> L.) növényre, 1980	80
5.1. Termés és elemtartalom alakulása a tenyészidő folyamán	80
5.2. A zab elemfelvételéről	84
6. Műtrágyázás hatása a cukorrépára (<i>Beta vulgaris</i> L.) 1981	90
6.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	90
6.2. Anyag és módszer	91
6.3. Talajvizsgálati eredmények	92
6.4. Termés, minőség	94
6.5. Elemtartalom és elemfelvétel	100
7. Műtrágyázás hatása a napraforgóra (<i>Helianthus annuus</i> L.) 1982	109
7.1. Bevezetés	109
7.2. Termés, minőség, betegségellenállóság	110
7.3. A napraforgó elemfelvételéről	115
8. Műtrágyázás hatása a mákra (<i>Papaver somniferum</i> L.) 1983	124
8.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés	124
8.2. Termés és terméselemek vizsgálata	126
8.3. Betegségellenállóság, zsírsavösszetétel, alkaloida tartalom	133
8.4. Ásványi elemtartalom és elemfelvétel	138
III. Irodalomjegyzék	142
Kiadványok alapjául szolgáló saját közlemények a 4 évtized alatt	142
Egyéb irodalmi hivatkozások jegyzéke	145
IV. Közlemények angol nyelvű összefoglalói, táblázatai	151
V. MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet kiadványai, 1980-2012	176

Results of the long-term fertilisation field trial
at Nagyhörcsök 1973-1983
Contents

I. Foreword	5
II. Description of the trial on calcareous chernozem soil	6
1. Effect of fertilisation on wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) 1974-1975	8
1.1. Yield, element content, element uptake	8
1.2. Ill-resistance, amino acid content	17
1.3. Results of the soil investigations	20
2. Effect of fertilisation on maize (<i>Zea mays</i> L.) 1976-1977	26
2.1. Material and methods	26
2.2. Results of the year 1976	27
2.3. Results of the year 1977	37
3. Effect of fertilisation on potato (<i>Solanum tuberosum</i> L.) 1978	46
3.1. Introduction and literature overview	46
3.2. Material and methods	48
3.3. Yield, quality, storage	49
3.4. Result of the soil analysis	53
3.5. Element content and element uptake of potato	56
4. Effect of fertilisation on winter barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) 1979	65
4.1. Yield, element content, element ratios	65
4.2. Element uptake	73
5. Effect of fertilisation on oats (<i>Avena Fatua</i> L.) 1980	80
5.1. Yield and element content	80
5.2. Element uptake during the vegetations period	84
6. Effect of fertilisation on sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) 1981	90
6.1. Introduction and literature overview	90
6.2. Material and methods	91
6.3. Results of the soil analysis	92
6.4. Yield, quality	94
6.5. Element uptake	100
7. Effect of fertilisation on sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) 1982	109
7.1. Introduction	109
7.2. Yield, quality, ill-resistance	110
7.3. Element uptake	115
8. Effect of fertilisation on poppy (<i>Papaver somniferum</i> L.) 1983	124
8.1. Introduction and literature overview	124
8.2. Yield and yield structure	126
8.3. Ill-resistance, fatty acid composition, alkaloid content	133
8.4. Mineral element content and element uptake	138
III. Literature	142
Literature used for draw up this publication	142
Literature cited in publications	145
IV. Summaries and table heads of the main publications	151
V. Books, monographs published by the Institute 1980-2012	176

I. Előszó

A növénytáplálási, műtrágyázási és általában a talajtermékenységi alapkutatásokkal szembeni igény ugrásszerűen megnőtt a 70-es évek elejére. A receptúrák használhatatlannak bizonyultak. Szükségessé vált az alapvető összefüggések, kölcsönhatások, mechanizmusok megismerése. A "józan paraszti ész" már nem volt elégséges a termelési beavatkozások megalapozására, pl. a műtrágyázás irányítására. A kutatás mindenekelőtt tervezést és előrelátást feltételez, hiszen eredményei gyakran csak hosszú évek után jelentkeznek. Olyan kísérleteket kellett tervezni és beállítani, melyek kielégíthetik mind az elméleti, mind a gyakorlati követelményeket, melyeket a távolabbi jövő állíthat.

Választ kellett adni nemcsak arra, hogy melyek a műtrágyázás lehetőségei, hanem arra is, hogy melyek a műtrágyázás határai? Hogyan hat a műtrágyázás, ill. az ásványi táplálás a talajtulajdonságokra (fizikai, kémiai, biológiai), a növény termésére, minőségére, betegség-ellenállóságára? Milyen hatással van a kemizálás, ill. az esetleges túltrágyázás a környezetre általában (nitrátosodás, nehézfém terhelés stb.)? Miképpen lehet a talaj tápanyagszintjeit feltöltő trágyázással kialakítani, mennyi lehet az ilyen beavatkozások műtrágyaigénye? A már létrejött kielégítő tápelemellátottságot hogyan lehet megőrizni stb? Ilyen jellegű kísérleti adatokkal a hazai kutatás nem rendelkezett, pedig egyre inkább hazai viszonylatban is előtérbe került a már "jól" ellátottnak minősített talajokon a fenntartó trágyázás kérdése.

Az említett követelményeknek csak az interdiszciplináris együttműködést megvalósító csoportmunka felelhet meg. Az alábbiakban bemutatjuk azt a szabadföldi műtrágyázási modellkísérletünket, amely az elmúlt közel négy évtized folyamán sikeresen integrálta a rokon tudományok képviselőit. A komplexitásra törekvő kutatásaink során számos általánosítható tapasztalatot szereztünk a kutatás tervezésére, hatékonyságára vonatkozóan is. Így megemlítendő, hogy e kísérlettípusban: nagyságrendekkel megnőtt a hasznos információk (adatok) mennyisége. A belső ismétlések, valamint a jól elkülönülő ellátottsági szintek ugrásszerűen megnövelték az adatok megbízhatóságát és reprodukálhatóságát. Ezáltal precízen vizsgálhatókká váltak a kölcsönhatások és olyan mechanizmusok, törvényszerűségek, melyek korábban rejtve maradtak.

A kísérlet lehetővé tette a főbb ionantagonizmusok és szinergizmusok feltárását szabadföldi viszonyok között és értelmezésüket a trágyahatások magyarázatában, illetve beépítésüket a gyakorlati szaktanácsadásba. Az elmúlt 4 évtized folyamán 24 növényfajra és telepített gyepre állapítottunk meg talajvizsgálati és egyidejűleg növénydiagnosztikai optimum, hiány- és túlsúly tápellátottsági határkoncentrációkat.

Ezúton az első évtized eredményeit közöljük, utalva az alapul szolgáló eredeti tudományos közleményeinkre. A kiadvány egyaránt ajánlható a kutatás, oktatás, szaktanácsadás és a gazdálkodás területén dolgozók, tágabban az agrár, illetve környezetgazdálkodásban érdekelt olvasók számára egyaránt. Bő irodalmi áttekintést nemzetközi kitekintéssel azon növényeknél adtunk, ahol a hazai irodalom hiányosnak minősült.

A Szerző

II. A műtrágyázási tartamkísérlet ismertetése

A kísérleti telep az Alföld nagytájának Dunántúlra eső Mezőföld tájában helyezkedik el, mégpedig a Nyugat-Mezőföld "Bozót-Sárvíz közti löszhát" geomorfológiai tájrészében, mintegy 140 m tengerszint feletti magasságban. Talajképző kőzete az elég tekintélyes vastagságú lösz, amely helyenként a 15-20 m vastagságot is eléri. Hidrológiai, éghajlati és növényföldrajzi viszonyait tekintve megállapíthatjuk, hogy a kevésbé felhős időjárása, több napsütése, nagyobb hőmérsékleti ingadozása, viszonylagos csapadékszegénysége, nyári időben aszályosságra való hajlamossága a Nagyalföld tájaihoz teszi hasonlóvá. Az éves csapadékmennyisége 500-550 mm, a napsütéses órák száma: 2000-2200, a min./max. hőmérséklet -25 °C / +35 °C. A terület aszályérzékeny, a vízmérleg negatív: -100 mm/év.

Növényföldrajzi vonatkozásban is az Alföldhöz tartozik, mégpedig a Pannonicum terület Eupannonicum flóraidék Duna-Tisza közti flórajárásába. *Szűcs (1965)*, aki részletes talajföldrajzi kutatásokat végzett a kísérleti területen, a dunavölgyi mészlepedékes csernozjomok közepes humuszcsernozjom, 50-75 cm változatához sorolja-e talajokat. *Szűcs (1965)* említett vizsgálatai szerint a löszön kialakult vályog mechanikai összetétele meglehetősen állandó az egész talajszelvényben. Az agyagfrakció (<0,002 mm) mennyisége mintegy 20 %, a leiszapolható részé (<0,02 mm) pedig 40 % körüli. Az egyes alkotórészek közül a löszre jellemző 0,05-0,02 mm frakció mennyisége jelentős 35-50 %-kal.

A kicserélhető kationok közül az egész talajszelvényben a Ca^{++} az uralkodó. A vizes kivonat elemzési adatai szerint a vízben oldható sók mennyisége kicsi, 1 mg/100g, és növénytermesztési szempontból jelentéktelennek tekinthető. Minőségi összetételét tekintve a Ca^{++} és HCO_3^- mellett a Mg^{++} és a SO_4^{--} említésre méltó. Tekintettel a talajképző lösz vastagságára a talajvíz tükre mélyen helyezkedik el és a talajképződésben különösebb szerepet nem játszik. A kísérleti telep talajának általános jellemzésére a 1. táblázatban mutatunk be néhány adatot egy kiragadott szelvény alapján.

1. táblázat A Kísérleti Telep talajszelvényének jellemzése (*Szűcs, 1965*)

Mintavétel mélysége, cm	pH		CaCO_3 %	K_A	hy	Humusz %
	H_2O	KCl				
0 - 25	8,0	7,8	6,3	38	2,3	3,4
25 - 40	8,4	8,2	15,5	45	2,3	2,8
40 - 60	8,4	8,2	21,4	43	1,9	2,0
60 - 90	8,6	8,4	33,2	39	1,5	1,2
90 -130	8,6	8,4	32,7	37	1,2	0,5

A szóban forgó talajok szerkezeti állapotát tekintve a nagyfokú felszíni tömörödéssre, illetve cserepesedési hajlamra kell felhívni a figyelmet. A tömörödés olyan mértékű, hogy nagyobb eső alkalmával a csapadék egy része elfolyik és barázdás eróziót is okozhat, jóllehet a felszín lejtése alig észrevehető. Ezeken a

magas mésztartalmú, tömörödéssre amúgy is hajlamos talajokon a művelt réteg talajának szerkezete az érintetlen, szántás alatti humuszszinthez képest leromlott. Ez a leromlás a morzsák vízállósága alapján mintegy 40-70 % nagyságrendű (2. táblázat). A kísérleti terület szántott rétegének könnyen felvehető P-tartalma a kísérletek beállítása előtt gyenge, míg a K-tartalma viszonylag kielégítő ellátottságról tanúskodik (AL-P₂O₅=6-8 mg %, AL-K₂O=15-20 mg %).

2. táblázat Vízálló morzsák aránya a Kísérleti Telep egyik talajszelvényében (%)

Mintavétel mélysége, cm	1 mm-nél kisebb	1 mm-nél nagyobb	Összes vízálló morzsa
0 - 20	12-20	10-16	22-36
20 - 32	14-18	37-46	51-64
32 - 100	12-15	41-53	53-68
100 - 130	2 - 3	10-21	12-23

Kísérletünket 1973 őszén állítottuk be a MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon. A korábban már ismertetett termőhely jó Mn, kielégítő Mg és Cu, közepes N és K, valamint gyenge P és Zn ellátottságot jelzett a talajvizsgálatok alapján. A 4³ típusú 3 tényezős NPK műtrágyázási kísérletben mindhárom tápelemet 4 szinten adagoltuk. Az ismétlések száma 2, az összes parcellák száma 128 volt, mert 64 kezeléssel minden lehetséges kombinációt létrehoztunk.

A kísérletben nem a szokásos kisebb-nagyobb adagokat alkalmaztuk, nem is hatásgörbe felvétele volt a cél, hanem az eltérő tápláltsági szituációk, minőségileg különböző tápelemellátottsági szintek tanulmányozása. Megjegyezzük, hogy a melioratív trágyázással létrehozott PK ellátottsági tartományok évenkénti fenn-tartó-trágyázás nélkül gyorsan süllyedtek, ezért a feltöltő PK trágyázást 6-8 évenként megismételtük. A parcellákat megfigyeztük és az utóhatások mérésén túlmenően a fenn-tartó trágyázást is tanulmányozhattuk évenkénti PK trágyázással (Kádár 1978, Sarkadi 1979, Kádár et al. 1989, Csathó és Kádár 1990, Kádár és Csathó 1991).

Az első 2 évben az őszi búza, a második 2 évben a kukorica ásványi táplálásával foglalkoztunk. A későbbi években igyekeztünk megismerni minden fontos szántóföldi növényünk viselkedését eltérő tápláltsági állapotokban és kidolgozni azokat a módszereket, melyekkel a növények tápláltsági állapota ellenőrizhető és előre jelezhető.

E kísérletekben számszerű összefüggéseket állapítottunk meg az egyes növényfajok tápláltsági állapota és szárazanyag termelése, ásványi összetétele (makro- és mikroelemek felvétele a tenyészidő folyamán), minőségi jellemzői, gyomosodási viszonyai, betegséggellenállósága között. A növények tápláltsági állapotát talaj- és növényvizsgálatokkal jellemeztük, illetve talajvizsgálati és növénydiagnosztikai határértékeket dolgoztunk és dolgozunk ki az egyes növényfajokra. A kórtani felvételezéseket dr. Vörös József és Léránthné Szilágyi Judit (MTA

Növényvédelmi Kutató Intézete), a gyomfelvételezéseket *dr. Radics László (GATE Földműveléstudományi Tanszéke)* végezte. A speciális ipari növények termesztésével, ipari minőségük vizsgálataival összefüggő munkákat minden esetben az egyes növények hazai "gazdáival" közösen végeztük (söripar, növényolajipar, kenderipar, cukoripar stb.).

Kutatásaink során arra a következtetésre jutottunk, hogy csak a megfelelő agronómiai háttér és a növénytermesztési gyakorlatba ágyazott szabadföldi kísérletezés teheti lehetővé a tápláltság-hozam-minőség-betegségek (gyomok) közötti számszerű kapcsolatok feltárását. Tenyészedény kísérletekben, kontrollált körülmények közötti mesterséges fertőzéssel pl. egy-egy részprobléma tisztázására valóban sikerrel vállalkozhatunk (*Sz. Nagyné és Kádár 1990, Kádár és Sz. Nagyné 1990*). De az egész jelenség nem ismerhető meg, nem tárható fel a mechanizmusok és törvényszerűségek tenyészedényes vizsgálatokkal, hiszen ott úgy mint a természetben, meg sem jelenhetnek. A P és K műtrágyákat, valamint a N adagjának felét ősszel szántás előtt, a N másik felét fejtrágyaként tavasszal szórtuk ki 25-28 %-os pétisó, 18 %-os szuperfoszfát és 50 %-os kálisó formájában. A N műtrágyázás 0, 100, 200, 300 kg/ha/év mennyiséget jelentett, míg a talaj eltérő P és K ellátottsági szintjeit 0, 500, 1000, 1500 kg/ha P_2O_5 , ill. K_2O feltöltő egyszeri adagokkal hoztuk létre 1973 őszén (3. táblázat).

3. táblázat	Műtrágyázási szintek és műtrágyaformák a kísérletben				
Tápelem	0	1	2	3	Műtrágyaforma
N (évente)	0	100	200	300	25 %-os pétisó
P_2O_5 (1973 ősz)	0	500	1000	1500	18 %-os szuperfoszfát
K_2O (1973 ősz)	0	500	1000	1500	50 %-os kálisó

A 4N4K4P ellátottság minden lehetséges kombinációját beállítottuk 4x4x4=64 kezeléssel, 2 ismétlésben, összesen 128 parcellán. Ezzel elértük, hogy minden olyan tápláltsági szituációt létrehozzunk (gyenge, közepes, kielégítő, túlzott vagy káros), melyek az üzemek gyakorlatában előfordulnak vagy a jövőben előfordulhatnak. A 4³ típusú kísérlet előveteménye 4 éven át lucerna volt, a parcellák mérete 6x13=78 m_l-t jelentett beállításkor. A következő év őszén, 1984-ben a parcellákat megfelleztük és 1 m-es úttal választottuk el. A 6x6=36 m_l területű parcellákon (az így kapott új, második 128 parcellás kísérletben) egységesen 200 kg/ha N-t adagolunk és az első évben kialakított P és K ellátottsági szinteken 0, 50, 100 kg/ha P_2O_5 , ill. 0, 100, 200 kg/ha K_2O trágyázást folytatunk évente. A mérsékelt P és K adagok közelítően a terméssel kivont P és K mennyiségeinek felelnek meg. Arra a kérdésre keressük e második kísérletben a választ, hogy a korábban létrehozott eltérő P és K ellátottsági szintek hosszabb távon, néhány évtized elteltével esetleg miképpen őrizhetők meg a talajban. A kísérlet összes területe utakkal és szegéllyel együtt meghaladja az 1 ha-t.

Egyes vélemények szerint ugyanis nem szükséges a jól ellátott talajon a P és K teljes pótlására törekedni. Hosszabb távon mindez persze a jó ellátottság elvesztéséhez és terméscsökkenéshez vezet. Mások szerint a már jól ellátott

talajokon a mérlegelv alkalmazható. Elégséges a termésekkel elvitt elemeket pótolni trágyákkal és így fenntartani a talaj termékenységét. Többen viszont arra hívták fel a figyelmet, hogy a jó ellátottság megőrzése 20-50 % többletet is igényelhet a visszapótlásnál egyes talajokon. Két alapvető kérdést kell tehát megválaszolni: milyen mérvű feltöltést igényelhet a gyengén ellátott talaj, ill. az optimális ellátottsági szint miként tartható fenn trágyázással? Az elmúlt közel 40 év kísérleti növényeit a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat Növényi sorrend a kísérletben 1974-2013. között

N°	Évek	Kísérleti növény	N°	Évek	Kísérleti növény
1.	1974	Búza	21.	1994	Sárgarépa
2.	1975	Búza	22.	1995	Rozs
3.	1976	Kukorica	23.	1996	Köles
4.	1977	Kukorica	24.	1997	Bab
5.	1978	Burgonya	25.	1998	Olaszperje
6.	1979	Őszi árpa	26.	1999	Olaszperje
7.	1980	Zab	27.	2000	Spenót
8.	1981	Cukorrépa	28.	2001	Gyep
9.	1982	Napraforgó	29.	2002	Gyep
10.	1983	Mák	30.	2003	Gyep
11.	1984	Repce	31.	2004	Gyep
12.	1985	Mustár	32.	2005	Gyep
13.	1986	Sörárpa	33.	2006	Gyep
14.	1987	Olajlen	34.	2007	Gyep
15.	1988	Szója	35.	2008	Gyep
16.	1989	Rostkender	36.	2009	Gyep
17.	1990	Borsó	37.	2010	Gyep
18.	1991	Tritikále	38.	2011	Gyep
19.	1992	Cirok	39.	2012	Gyep
20.	1993	Silókukorica	40.	2013	Gyep

1. Műtrágyázás hatása a búzára (*Triticum aestivum* L.) 1974-1975

1.1. Termés, elemtartalom és elemfelvétel

Az első pillanatra úgy tűnhet, eleget írtunk már a búza trágyázásáról és a növény tápelemigénye is kellően ismert az elmúlt 200 éves kutatások fényében. Jelenleg új körülmények között más elvárások jelentkeznek az ökonómia, környezetvédelem, egészséges táplálkozás és nem utolsósorban a talajtermékenység terén. A modern fajták 8-10 t/ha feletti szemtermés-potenciállal rendelkeznek, mely nem ritkán valóságosan is realizálható. A gazdálkodás szélesebb és mélyebb tudást, új szemléletet igényel, mely magában foglalja a növényi növekedés és az ásványi táplálás kapcsolatát a környezettel, a talaj tápanyag-szolgáltatásával összefüggésben.

A búza víz- és tápelemigényes. *Láng (1976)* a búza víz-, tápelem- és mészigényességét, valamint a rendszeres műtrágyázás fontosságát hangsúlyozza a talajvizsgálatok, a talaj tápanyagszolgáltatása figyelembevételével. Részletesebben említi a trágyák terméselemekre gyakorolt hatását. *Sarkadi (1975)* részletes adatokat közöl a búza fajlagos tápelemigényéről, összetételéről. *Elek és Kádár (1980)*, *Kádár (1992)* a búza tápláltsági állapotának megítélésére szolgáló növényanalitikai határértéket ellenőrzi a hazai tartamkísérletekben és javaslatot tesz bevezetésükre. Az 1960-1990. évek között publikált 81 P-kísérlet, valamint a 41 K-kísérlet és 66 N-tartamkísérlet főbb eredményeit *Csathó (1991, 1997)* foglalta össze.

A 8-10 t/ha szemtermés realizálása 600-800 kalász/m², 30-40 mag/kalász, 40-50 g 1000-magtömeg terméselem meglétét igényli. Kulcskérdés a tápanyagok folyamatos és bőséges jelenléte. A környezet megóvásának igénye pedig a precíziós technikákat feltételezi. A tápelemek időszakos hiánya terméskiesést okoz, mely később már nem pótolható. Az aszály persze mindent felboríthat, a víz és tápanyagok együttesét kell biztosítani. Az elemek közül a N okozhat legtöbb gondot, hiszen gyors hatású és mobilis.

A megosztott N-adagolás ősszel és fejtrágyaként tavasszal történik hazai viszonyaink között. Ez a gyakorlat a N-ellátás biztonságát hangsúlyozza és a fiatal növények gyakori luxusfelvételéhez vezet. A N-bőség erőteljes bokrosodást eredményez, ha egyéb tápelemek is megfelelő mennyiségben vannak jelen. Így biztosítható a megfelelő tőszám és vele a kalászszaám, magszáam kialakulása. Az 1000-magtömeg már a virágzástól érésig tartó generatív szakasz víz- és tápelemellátottságát tükrözheti, hiszen a napfény nálunk általában nem korlátozó tényező.

Kísérleti növényünk az első 2 évben búza (Kavkáz). Az első évben növénymintavételre került sor bokrosodás végén 04. 12-én, virágzáskor 06. 11-én és aratáskor 07. 23-án 4-4 fm = 0,5 – 0,5 m² földfeletti növényi anyag

felhasználásával. Megemlítjük, hogy a talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, így a talajbani folyamatokat és a műtrágyák érvényesülését nem befolyásolja. A növények vízellátása alapvetően a csapadék függvénye. A 4 éves lucerna mint elővetemény kiszárította a talajt, de a két búzaév csapadékos volt. 1974-ben 755, 1975-ben 681 mm csapadék hullott, mely a búza vízigényét kielégíthette. Az 1974-es évben az országos termésátlag 3,8 t/ha, míg 1975-ben 3,2 t/ha volt. Az 1975. év alacsonyabb termése a szártő- és gombabetegségek erőteljesebb fellépésével is összefüggött. Amint Györffy (1975) később megjegyzi, a túl nedves években termés kieséssel kell a gombabetegségek miatt számolnunk a búzánál.

A minták friss és légszáraz tömegét megmértük és cc. HNO_3 + cc H_2O_2 roncsolást követően a fontosabb makro- és mikroelem koncentrációikat is meghatároztuk. Aratáskor külön vizsgáltuk a szem, szalma és pelyva összetételét. Analízishez az ismétlések anyagát kezelésenként egyesítettük, így $5 \times 64 = 320$ mintát elemeztünk. 1974-ben aratás után talajmintákat vettünk parcellánként a szántott rétegből és a 128 mintában az AL-P és AL-K tartalmakat vizsgáltuk meg. Mivel a két búzaév időjárása, csapadékviszonyai, abszolút és relatív termései, ill. trágyahatásai hasonlóak voltak, az 1974. és 1975. évek NPK felvételi eredményeit összevontan tárgyaljuk.

Az 1. táblázat áttekintő adatai szerint mindkét évben a P-hatások domináltak. A 4 éves lucernatörés megfelelő N-ellátást nyújtott, mérsékelt N-hatás csak a második évben figyelhető meg. Az N_3 -as szint már termés csökkenést jelez. Igazolható 0,5-0,6 t/ha terméstöbbletet adott 1975-ben a K-trágyázás (meglepő módon) ezen a K-mal jó közepesen ellátott vályogon. Vizsgáljuk meg közelebbről az egyes elemek hatását a tenyészidő főbb stádiumaiban, bemutatva az érvényesülő kölcsönhatásokat is.

1. táblázat N, P és K ellátás hatása a búza szemtermésére, t/ha (32 ismétlés átlagai)

Tápelem	0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
1974-ben						
N-hatás	5,4	5,6	5,5	5,5	0,2	5,5
P-hatás	4,6	5,8	5,8	5,9	0,2	5,5
K-hatás	5,4	5,5	5,6	5,6	0,2	5,5
1975-ben						
N-hatás	4,7	5,1	5,2	4,9	0,2	5,0
P-hatás	4,0	5,1	5,3	5,4	0,2	5,0
K-hatás	4,6	5,0	5,1	5,2	0,2	5,0

Megjegyzés: Az országos átlag 1974-ben 3,8 t/ha, 1975-ben 3,2 t/ha

A 2. táblázatban látható, hogy kora tavasszal a búza rendkívül P-igényes, a zöld hajtás tömegét a javuló P-ellátás megkétszerezi bokrosodás végén. A P-hiányos talajon nem hat a N, a fotoszintézis a N és P együttesét igényli, ezért kifejezetté válik az NxP kölcsönhatás mindkét évben. Virágzás és aratás idejére ezek a trágyahatások mérséklődnek, a növények a trágyázatlan talajon is lassan és részben kielégíthetik igényeiket a N és P elemekkel szemben.

2. táblázat NxP, ill. KxP ellátás hatása a búza légszáraz tömegére, t/ha (8 ismételtes átlagai)

N, K szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Hajtás bokrosodás végén, 1974. 04. 12-én						
N ₀	0,24	0,50	0,55	0,51	0,12	0,45
N ₁	0,22	0,52	0,62	0,60		0,50
N ₂	0,22	0,59	0,66	0,62		0,52
N ₃	0,24	0,66	0,66	0,68		0,56
Átlag	0,23	0,58	0,62	0,60	0,06	0,51
Hajtás bokrosodás végén, 1975. 04. 14-én						
N ₀	0,34	0,73	0,78	0,64	0,8	0,62
N ₁	0,27	0,72	0,76	0,81		0,64
N ₂	0,34	0,78	0,83	0,83		0,70
N ₃	0,29	0,94	0,99	0,94		0,80
Átlag	0,31	0,79	0,84	0,80	0,04	0,69
Hajtás virágzáskor, 1975. 06. 27-én						
N ₀	5,8	8,0	7,2	7,0	0,8	7,0
N ₁	6,2	8,0	7,7	7,6		7,4
N ₂	5,8	8,5	8,2	9,2		7,9
N ₃	5,5	8,8	9,1	8,8		8,0
Átlag	5,8	8,3	8,0	8,1	0,4	7,6
Szemtermés aratáskor, 1975. 07. 18-án						
K ₀	3,5	4,7	5,0	5,1	0,4	4,6
K ₁	4,2	5,4	5,2	5,4		5,0
K ₂	4,3	5,2	5,5	5,5		5,1
K ₃	4,2	5,3	5,5	5,6		5,2
Átlag	4,0	5,1	5,3	5,4	0,2	5,0

Az SzD_{5%} értékek a sorokra és oszlopokra megegyeznek.

A búza összetétele tükrözi a tápelemkínálatot. A 3. táblázat összevont adataiból megállapítható, hogy a legnagyobb különbségeket a luxusfelvétel iránt érzékeny szalma mutatja. A szalma átlagos P és K %-ai megkétszereződnek a maximális P és K ellátottságon a kontrollhoz viszonyítva. A bokrosodást követően igen gyors a szárazanyag-képződés és a tápelemkoncentrációk hígulnak. Aratás idején a N és a P elemek főként a generatív szemtermésben, míg a K döntően a szalmában akkumulálódik. A pelyva közbülső helyet foglal el e tekintetben.

A N felvételét meghatározta a P-ellátás. Így pl. a bokrosodás végén a felvett N mennyisége megháromszorozódik, 11-ről 33 kg/ha-ra nő a P-ral és N-nel jól ellátott talajon. Kevésbé kifejezett ez a jelenség virágzáskor és aratáskor, bár ekkor is megfigyelhető, hogy önmagában sem a N, sem a P nem eredményez érdemi N-felvételi többletet. Az együttes NxP táplálás pozitív kölcsönhatása kifejezett. A szemtermésben találjuk a felvett N 3/4 részét átlagosan (4. táblázat).

A P felvételében ilyen kifejezett kölcsönhatások nem jelentkeztek, így az összevont átlagokat az 5. táblázatban mutatjuk be. A javuló P-ellátással bokrosodás idején megnégyesződik a ha-onkénti P-felvétel, virágzáskor pedig

megduplázódik a kontrollhoz viszonyítva. A szalma hasonlóan 2-2,5-szeres többletet mutat, míg a szemtermésbe épült P mintegy 1/3-ával nő. A pelyva kontroll talajon mért 0,75 kg/ha P_2O_5 -felvétele szintén megkétszereződik, tehát e tekintetben a szalmához áll közelebb.

A növénybe épült K mennyiségét döntően a N és K ellátás határozta meg. A vegetatív részekben megkétszereződik a felvett K mennyisége a kontrollhoz képest az NxK kölcsönhatások eredményeképpen. Összességében míg a bokrosodástól virágzásig tartó időszak alatt a szárazanyaghozam közelítően megtízszereződött, addig a felvett K mennyisége a felvett N-hez és P-hoz hasonlóan csupán ötszöröződik. Aratáskor a szalmatermés kereken 50, a szemtermés 20-25, a pelyvatermés 5 kg/ha K_2O készlettel rendelkezik, tehát mintegy 75-80 kg/ha a K_2O -hozam a földfeletti termésben. Virágzáskor ennek mintegy kétszeresét találjuk a hajtásban, tehát a búza K-készletének felét elvesztette az érés folyamán a lehulló levelekkel és a csapadék által okozott kilúgzással (6. táblázat).

A Fe, Mn és Zn mikroelemek koncentrációja a P-ellátás függvényében változott a növényi szövetekben, mégpedig a Fe és Zn tartalom csökkent, míg a Mn tartalma nőtt a P-ral jobban ellátott parcellákon. A P/Zn antagonizmus minden növényi részben kifejezetten megnyilvánult (7. táblázat).

3. táblázat N, P, K ellátá hatása a légszáraz búza elemtartalmára, 1974

Mintavétel	0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
N % a N-szinteken (PK átlagai)						
Bokrosodás*	3,73	3,99	4,15	4,16	0,08	4,01
Virágzás*	1,11	1,30	1,46	1,47	0,06	1,34
Szem	1,92	2,14	2,26	2,31	0,06	2,16
Szalma	0,42	0,52	0,63	0,65	0,04	0,55
Pelyva	0,63	0,70	0,79	0,81	0,04	0,74
P % a P-szinteken (NK átlagai)						
Bokrosodás*	0,27	0,38	0,41	0,44	0,02	0,37
Virágzás*	0,16	0,20	0,21	0,22	0,02	0,20
Szem	0,28	0,35	0,36	0,36	0,03	0,34
Szalma	0,04	0,07	0,08	0,09	0,01	0,07
Pelyva	0,07	0,10	0,11	0,11	0,01	0,10
K % a K-szinteken (NP átlagai)						
Bokrosodás*	2,61	3,16	3,21	3,30	0,10	3,07
Virágzás*	0,94	1,24	1,35	1,35	0,07	1,22
Szem	0,28	0,27	0,32	0,32	0,04	0,29
Szalma	0,55	0,83	0,95	1,01	0,05	0,83
Pelyva	0,40	0,39	0,39	0,38	0,03	0,39

* Földfeletti hajtás, 32 ismétlés átlagai

4. táblázat NxP ellátás hatása a búza N-felvételére(kg/ha), 1974-75. évek átlagai

N-szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Hajtás bokrosodás végén						
N ₀	11	21	23	20		19
N ₁	10	24	25	26	4	21
N ₂	11	28	29	28		24
N ₃	11	32	34	32		28
Átlag	11	26	28	26	2	23
Hajtás virágzáskor						
N ₀	70	80	78	68		74
N ₁	80	97	98	100	15	94
N ₂	78	121	111	125		109
N ₃	78	127	124	126		114
Átlag	77	106	103	105	7	98
Szemtermésben						
N ₀	91	101	107	102		100
N ₁	94	122	124	123	8	116
N ₂	95	126	125	130		119
N ₃	96	127	130	128		120
Átlag	94	119	122	120	4	114
Szalmatermésben						
N ₀	21	24	22	24		23
N ₁	26	31	37	33	6	32
N ₂	30	39	43	42		38
N ₃	31	42	45	44		40
Átlag	27	34	37	36	3	33

Az SzD_{5%} értékek sorokra és oszlopokra azonosak**5. táblázat** P-ellátás hatása a búza P-felvételére, P₂O₅ kg/ha, 1974-75. évek átlagai

Mintavétel	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Bokrosodás	2	6	7	8	1	6
Virágzás	19	37	38	41	3	34
Szem	29	46	48	49	3	43
Szalma	5	10	13	13	2	10

A pelyvában átlagosan 0,7-1,5 kg/ha P₂O₅

6. táblázat NxK ellátás hatása a búza K-felvételére, K₂O kg/ha, 1974-75. átlagok

N-szintek	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{5%}	Átlag
Hajtás bokrosodás végén						
N ₀	16	27	30	29		26
N ₁	18	30	29	29	8	26
N ₂	22	35	29	34		30
N ₃	25	37	40	39		35
Átlag	20	32	32	33	4	29
Hajtás virágzáskor						
N ₀	85	114	112	102		103
N ₁	82	115	135	122	28	114
N ₂	108	140	165	175		147
N ₃	96	176	178	193		161
Átlag	93	136	148	148	14	131
Szalmatermésben						
N ₀	30	38	41	41		37
N ₁	32	42	46	48	12	42
N ₂	36	52	64	64		54
N ₃	34	59	64	72		57
Átlag	33	48	54	56	6	48

Megjegyzés: A szemben 20-25, a pelyvában 5 kg/ha átlagosan.

7. táblázat A búza Fe, Mn, Zn tartalmának változása a P-ellátottság függvényében(mg/kg légszáraz anyag), 1975.

Elem	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Bokrosodáskori hajtás						
Fe	283	215	196	203	39	224
Mn	84	89	88	90	4	88
Zn	29	22	22	21	2	24
Virágzáskori hajtás						
Fe	94	99	94	98	10	95
Mn	51	62	68	73	4	64
Zn	19	12	11	10	2	13
Szemtermés aratáskor						
Fe	56	54	56	53	4	55
Mn	37	44	45	45	3	43
Zn	30	19	18	17	2	21
Szalma aratáskor						
Fe	175	144	139	125	13	146
Mn	48	64	69	64	6	61
Zn	12	9	7	6	2	9

A Mg % a K-ellátás nyomán mutat módosulást a K/Mg kationantagonizmus ismert jelensége miatt, mely a korai fejlődési stádiumokban követhető nyomon (8. táblázat).

8. táblázat A búza Mg %-ának változása a K-ellátottság függvényében (mg/kg légszáraz anyag), 1975.

Mintavétel	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{5%}	Átlag
Bokrosodás	0,27	0,23	0,20	0,19	0,02	0,22
Virágzás	0,19	0,16	0,15	0,15	0,01	0,16
Szem	0,17	0,17	0,16	0,16	0,01	0,16
Szalma	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	0,10

A Cu átlagosan 7, a B 4 mg/kg körül a növényi részekben

A búza átlagos makro- és mikroelem felvételéről tájékoztat a 9. táblázat 5 t/ha körüli szemtermés és a hozzá tartozó melléktermés esetén, meszes vályog talajon. Az 1 t/ha szem + melléktermése képződéséhez szükséges fajlagos elemigény a táblázat adataiból könnyen becsülhető. Hasonló körülmények között a szaktanácsadás 25-30 kg N, 13 kg K (16 kg K₂O), 5 kg P (12 kg P₂O₅) műtrágyaigénnyel számolhat minden tonna szemterméstöbblet tervezésénél. A táblázatból az is látható, hogy a Ca, Fe és Mn döntően a szalmában, míg a Mg, Zn és Cu a szemtermésben halmozódik föl.

9. táblázat A búza átlagos tápelemfelvétele 5 t/ha körüli szem + a hozzá tartozó mellékterméssel, 1975

Elemek	Bokrosodás	Virágzás	Szem	Szalma	Pelyva	Összesen*
N kg/ha	25	119	108	32	9	149
K kg/ha	25	109	20	40	5	65
P kg/ha	3	18	19	5	1	25
Ca kg/ha	5	15	1	20	2	23
Mg kg/ha	2	12	8	5	1	14
Fe g/ha	147	731	265	712	129	1106
Mn g/ha	60	495	218	303	80	601
Zn g/ha	16	96	101	42	12	155
Cu g/ha	5	51	38	25	6	69
B g/ha	5	30	-	-	-	-

* Szem + szalma + pelyva aratáskor (78 kg K₂O, 57 kg P₂O₅)

A szemtermés és a növényi összetétel, valamint a fajlagos tápelemigényre vonatkozó eredményeink az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A 4 éves lucernatörést követően érdemi szemterméstöbbleteket a P-trágyázás adott ezen a P-ral gyengén ellátott talajon. A K-trágyázás mérsékelt, 0,5-0,6 t/ha termésnövelő hatását a búza megnövelt lisztharmattal szembeni rezisztenciájára vezettük vissza.

2. A búza ásványi összetétele tükrözte az ellátottsági viszonyokat. Maximális különbségek a fiatalkori hajtásban és a szalmatermésben jelentkeztek luxusfelvételt mutatva. A N-trágyázás csak a P-ral kielégítően ellátott talajon növelte a N %-okat, kifejezett volt az NxP kölcsönhatás. A K felvételében az NxK kölcsönhatás nyilvánult meg. Igazolható volt a K/Mg, P/Zn és kisebb mértékben a P/Fe antagonizmus, valamint a P/Mn szinergizmus jelensége.
3. Az 1 t szem az aratáskori melléktermékkel 25-30 kg N, 16 kg K₂O, 12 kg P₂O₅ fajlagos elemigényt mutatott. A Ca, Fe, Mn döntően a szalmában, míg a Mg, Zn, Cu a szemben akkumulálódott. A fajlagos elemigény 4-5 kg Ca, 3 kg Mg, 220 g Fe, 120 g Mn, 31 g Zn és 14 g Cu mennyiséget tett ki.

1.2. Betegségellenállóság és aminosav összetétel

A tenyésztő folyamán több ízben bonitálást végeztünk 1-5-ös skálán állományfejlettségre és lisztharmat-fertőzöttségre. A fehérje és aminosav elemzéseket az 1975. évi szemtermésben végeztük el. Az összes nitrogént Kjeldahl módszerrel határoztuk meg, a valódi fehérje N-t triklórecetsavas csapadékból szintén Kjeldahl szerint mértük. Az aminosavakat 6 n HCl-os hidrolízis után a magyar gyártmányú "Aminochrom" aminosav analizátorral vizsgáltuk meg kétoszlopok technikával. Az össz-aminosav képből hiányzik a triptofan és a cistin, mivel a savas hidrolízis alatt az előbbi teljesen, az utóbbi részben elbomlik.

A tápelemellátásnak a búza fejlődésére és a lisztharmattal való fertőzöttségére gyakorolt hatását az 10. táblázatban tanulmányozhatjuk. Amint az adatokból látható, bokrosodás és kalászosítás idején az NxP kölcsönhatások domináltak. A javuló P-ellátás méréseink szerint a hajtás tömegét megkétszerezte, míg a N-trágyázás mérsékelt hatású volt a 4 éves lucerna elővetemény után. Aratás idejére kifejezetté vált a lisztharmat-fertőzés, különösen a N-nel túltáplált állományban. A P és a K ellátás javulásával a N-túlsúly kedvezőtlen hatása némileg mérsékelhető volt, a fertőzöttség átlagosan 10-10 %-kal csökkent.

Megemlítjük, hogy 1974 tavaszán a búza hajtása bokrosodáskor mintegy 20 %-os igazolható termésnövekedést mutatott a növekvő K-szinteken, mely a virágzás idejére ill. aratáskor már nem volt kimutatható. Sőt, a szemtermésben már kismértékű igazolható növekedés figyelhető meg a 11. táblázatban bemutatott adatok szerint.

A jelenség magyarázata az alábbi: Az 50 %-os kálium műtrágyának fele K₂O, míg a másik fele (mintegy 47 %-a) Cl⁻. Közismert, hogy a klorid csírázás gátló tulajdonsága miatt nagyobb koncentrációban károsítja a gyökérzetet. Az 1973 őszén leszántott 0, 500, 1000, 1500 kg/ha K₂O adagú kálisonak a klorid komponense nem tudott elég mélyre mosódni a téli csapadékkal, a klorid-ion látványosan felhalmozódott az 1974. 04. 12-én vett hajtásban. A búza Cl⁻ toxicitási határkoncentrációja ebben a korai fejlődési stádiumban 0,2 % körül alakulhat.

A bokrosodástól virágzásig eltelt 2,5 hónap alatt mintegy 150 mm csapadék hullott, a káros klorid feleslege lemosódott, a K-kezelések depresszív hatása megszűnt. Az igen nedves évben fellépő lisztharmat-fertőzést tehát a növekvő K-

ellátás ellensúlyozta, így a generatív szakaszban már a K-műtrágya pozitív hatása érvényesülhetett. Erre utalnak az 1995. 07. 08-án aratás előtt végzett lisztharmat-bonításaink eredményei. Sajnos az első búza-évben 1974-ben a lisztharmat-fertőzöttséget számszerűen nem bonitáltuk parcellánként.

10. táblázat N,P,K hatása a búza fejlődésére és lisztharmat fertőzöttségére 1975

N,K szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Bokrosodáskor 04. 14-én*						
N ₀	2,1	3,9	4,0	4,2		3,6
N ₁	2,0	4,2	4,0	4,4	0,2	3,7
N ₂	2,8	4,6	4,5	4,9		4,1
N ₃	2,1	4,5	4,6	4,9		4,0
Átlag	2,2	4,3	4,3	4,6	0,2	3,8
Kalászoláskor 05. 19-én*						
N ₀	2,1	3,9	3,9	3,6		3,4
N ₁	2,5	4,4	4,6	4,5	0,6	4,0
N ₂	2,5	4,5	4,5	4,8		4,0
N ₃	2,1	4,6	4,5	4,4		3,9
Átlag	2,3	4,4	4,4	4,3	0,3	3,8
Lisztharmatos tövek %-a aratás előtt 07. 08-án						
N ₀	30	28	14	26		24
N ₁	52	42	46	46	10	46
N ₂	62	52	58	46		54
N ₃	62	62	52	50		56
K ₀	70	54	46	46		54
K ₁	52	50	48	38	10	46
K ₂	46	42	40	40		42
K ₃	40	40	38	42		40
Átlag	52	46	42	42	5	46

* Bonitálás: 1=igen gyenge, 2 = gyenge, 3 = közepes, 4 = jó, 5 = igen jó állomány

11. táblázat K-műtrágyázás hatása a búza termésére és a bokrosodáskori hajtás CI tartalmára (32 ismétlés átlagában) 1974

Növényi rész	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	SzD _{5%}	Átlag
Légszáraz anyag, t/ha						
Bokrosodásban*	0,56	0,54	0,48	0,45	0,06	0,51
Virágzáskor*	5,65	6,14	5,74	5,74	0,65	5,82
Szemtermés	5,38	5,54	5,60	5,61	0,20	5,53
Szalmatermés	5,94	6,01	5,95	5,85	0,36	5,94
CI %						
Bokrosodásban*	0,09	0,20	0,27	0,43	0,06	0,25

* Földfeletti hajtás

A növekvő N-adagok fokozatosan emelték mind az összes, mind a fehérje N %-ot. A N beépülése a fehérje vegyületekbe növekvő tendenciát mutatott az

adagokkal, bár a változások statisztikailag nem bizonyíthatók. Az irodalomban elfogadott számítások alapján (össz-N x 6,25 = nyersfehérje, ill. fehérje-N x 6,5 = fehérje %) a nyersfehérje 13-14 %, míg a valódi fehérje 11-13 % között változott a N-kezeléstől függően. *Ragasits (1988)* Ny-dunántúli kísérleteiben megállapítja, hogy a N-trágyázás eredményeképpen a búzamag valódi fehérje tartalma 10-ről 13 %-ra volt növelhető. A csapadékosabb régióban kapott adatok közelállók a Mezőföldön nedves évben általunk nyert eredményekhez.

A szemtermés mennyiségét és a fehérjehozamokat döntően az NxP ellátás befolyásolta. A kontrollhoz viszonyítva az NxP együttes trágyázás a szemtermésben 35-40, míg a ha-onkénti fehérjehozamban maximálisan 60-65 % többleteket eredményezett. A hektáronkénti fehérjehozam elérte vagy meghaladta a 700 kg-ot. Kérdés, hogy alakul-e közben a fehérjék esszenciális és nem esszenciális aminosav-tartalma? *Ragasits (1988)* említett kísérleteiben a N-trágyázás 3 %-kal mérsékelte az esszenciális aminosavak mennyiségét a búzamagban. *Izsáki (1999)* kísérleteiben a P-ellátás kifejezettebben módosította a zab aminosav összetételét mint a N-ellátás. Saját kísérletünkben az NxP kölcsönhatások is szabatosan vizsgálhatók.

Eredményeinket a 12. táblázatban közöljük az NxP kétirányú táblázatokban, a K-kezelések átlagában. Kölcsönhatásokat 4 aminosav mutatott: treonin, hisztidin, szerin és prolin. A legnagyobb koncentrációkat az első három aminosav esetén a kiegyensúlyozott N₁P₁ kezelések adták. Mind az alul-, mind a túltrágyázás csökkentette ezen alkotók mennyiségét a fehérjében. A prolin esetében a növekvő NxP ellátással drasztikus csökkenés figyelhető meg a kontrollhoz viszonyítva. A változások azonban a hisztidin és szerin koncentrációkban statisztikailag nem igazolhatók egyértelműen, bár a trendek meggyőzőek. Összességében talán egyetérthetünk *Pollhamerné (1973)* véleményével, aki számos trágyázási kísérlet eredménye alapján hangsúlyozza, hogy a kiegyensúlyozott NPK ellátás nemcsak a nagy terméseknek, hanem a jó minőségnek is záloga.

A vizsgált aminosavak teljes garnitúráját, valamint az NH₄-N mennyiségét a 13. táblázatban tanulmányozhatjuk a P-ellátottság függvényében, mely a legnagyobb módosulásokat okozta. Megállapítható, hogy trágyázással az aminosavak kevésbé változnak, azok genetikailag adottak, stabilak. Az esszenciális aminosavak (1) és (3) csoportja a P₁, míg a (2) csoportot alkotó izoleucin, lizin, arginin a P₀ szinten mutatott maximumot. A nem esszenciális (1) csoport, a prolin kivételével szintén a kedvező P₁ ellátottságon adja a legnagyobb koncentrációkat. Összességében tehát arra a következtetésre juthatunk, hogy a kielégítő P-ellátottság mind az esszenciális, mind a nem esszenciális aminosavak többségének mennyiségét növelheti a búzaszem fehérjében és ezzel a maximális ha-onkénti fehérjehozamot nyújthatja. Annál is inkább, mert a nagyobb szemtermést is a kielégítő P-ellátáson kapjuk.

Az aminosavak garnitúrája a búzafehérjére jellemző képet mutatja. Különösen szegény hisztidin, metionin, tirozin és triptofán aminosavakban. (Utóbbit nem tudtuk meghatározni.) Jellemzően igen gazdag viszont glutamin

savban és prolin származékokban, a zeinhez, a kukorica fehérjéhez hasonlóan. Tartalmazhat még amidokat 20-25 %-ban és egyéb vízdíszítő N-vegyületeket irodalmi adatok szerint. A 13. táblázatban az is látható, hogy a kielégítő P₁-ellátottságon lecsökken a kontrollhoz képest az NH₄-N mennyisége, tehát javul az aminosavakba való beépülése. A talaj P-ellátottságát azonban sem a termés, sem a minőség javítása céljából nem kívánatos a kielégítő P₁ szint fölé növelni. Az esszenciális aminosavak a búza fehérje 25 %-át, a nem esszenciálisak kerekén 38 %-át, összesen 63 %-át tették ki a P₁ szinteken.

12. táblázat NxP ellátás hatása a búzamazag aminosav-összetételére*, 1975

N-szintek	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Treonin						
N ₀	1,97	2,42	2,39	2,13		2,23
N ₁	2,54	4,35	3,28	2,09	2,06	3,06
N ₂	2,30	2,25	2,94	3,70		2,80
N ₃	2,36	3,18	3,22	2,20		2,74
Átlag	2,29	3,05	2,96	2,52	1,03	2,71
Hisztidin						
N ₀	1,17	1,66	1,41	1,61		1,46
N ₁	1,74	2,06	1,52	2,28	0,96	1,90
N ₂	1,88	2,13	1,70	1,08		1,70
N ₃	1,62	1,79	1,39	1,45		1,56
Átlag	1,60	1,91	1,50	1,60	0,48	1,65
Szerin						
N ₀	2,56	2,69	2,91	2,38		2,64
N ₁	2,75	4,30	3,35	2,83	2,06	3,31
N ₂	2,48	2,41	2,29	4,18		2,84
N ₃	2,48	2,72	2,42	2,27		2,47
Átlag	2,57	3,03	2,74	2,92	1,03	2,82
Prolin						
N ₀	12,6	10,7	10,5	9,4		10,8
N ₁	11,6	6,5	6,0	4,6	4,6	7,2
N ₂	9,7	4,0	5,8	6,9		6,6
N ₃	9,4	9,4	7,4	6,6		8,2
Átlag	10,8	7,6	7,4	6,9	2,3	8,2

*(fehérje % ában)

1.3. Talajvizsgálati eredmények

A kísérlet beállítása előtt, 1973 őszén és az első év után, 1974 őszén parcellánként talajmintákat vettünk a szántott rétegből. E mintákban meghatároztuk az ún. „könnyen oldható” PK-tartalmakat ammonlaktát (*Egnér et al. 1960*), ill. a P-tartalmakat még NaHCO₃ (*Olsen et al. 1954*) módszerrel is. A kontroll és a legnagyobb N₃, P₃, K₃ tápelemterhelésű parcellákban mélyfúrásokat végeztünk a főbb agrokémiai tulajdonságok vertikális változásának nyomon követésére, ill. a műtrágyák és kísérőionjaik mélységi felhalmozódásának

kimutatására az 1:5 arányú vizes kivonatok elemzésével. A kiemelt kezelések szelvényeiben vizsgáltuk a talaj „összes só” %-át ‘Sigmond által ajánlott elektromos vezetőképesség módszerével, valamint a minták nedvességtartalmát is megmértük.

13. táblázat P-ellátás hatása a búzamag aminosav tartalmára (g/100 g fehérje), 1975

Aminosav	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	SzD _{5%}	Átlag
Esszenciális aminosavak						
Treonin	2,3	3,0	3,0	2,5	1,0	2,7
Valin	2,5	2,8	2,3	2,5	0,9	2,5
Leucin	4,7	5,4	4,7	5,0	2,2	5,0
Hisztidin	1,6	1,9	1,5	1,6	0,5	1,6
Összesen (1)	11,1	13,1	11,5	11,7	2,0	11,8
Izoleucin	3,0	2,5	2,0	2,6	1,6	2,5
Lizin	2,5	2,4	2,1	2,0	0,4	2,3
Arginin	3,6	3,5	3,2	3,5	0,5	3,5
Összesen (2)	9,2	8,5	7,3	8,1	1,6	8,3
Metionin	0,8	1,0	0,8	1,1	0,5	0,9
Fenilalanin	2,3	2,8	2,8	3,0	0,8	2,7
Összesen (3)	3,1	3,8	3,6	4,1	0,7	3,6
Mindösszesen	23,3	25,4	22,4	23,8	2,4	23,7
Nem esszenciális aminosavak						
Aszparaginsav	3,1	4,1	3,8	4,0	1,4	3,8
Szerin	2,6	3,0	2,7	2,9	1,0	2,8
Glutaminsav	14,5	15,5	15,3	16,1	3,9	15,4
Alanin	2,0	2,6	2,3	2,6	1,0	2,4
Tirozin	1,4	1,7	1,7	1,7	0,6	1,6
Glicerin	2,3	3,0	2,6	2,9	1,1	2,7
Összesen (1)	25,9	30,0	28,5	30,2	3,7	28,7
Prolin* (2)	10,8	7,6	7,4	6,9	2,3	8,2
Mindösszesen	36,8	37,6	35,9	37,1	2,8	36,9
Aminosavak együtt	60,1	63,0	58,3	61,0	4,1	60,6
NH ₄ -N (N ₀)	0,73	0,27	0,23	0,24	0,20	0,37
NH ₄ -N (N ₃)	0,76	0,51	0,52	0,36	0,18	0,54

A szántott réteg könnyen oldható P-tartalma nagyságrendbeli növekedést jelzett mind az AL-, mind az Olsen-módszer szerint. Megháromszorozódott az AL-K₂O koncentrációja is. Az egyszeri feltöltő trágyázással kialakultak tehát a kielégítő (P₁, K₁), magas (P₂, K₂) és túlzott vagy nemkívánatos (P₃, K₃) ellátottsági szintek a talajban. A 14. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a trágyázatlan kontroll talajon mért AL-PK koncentrációk átlaga 1974 őszén mintegy 1/3-ával alacsonyabb az 1973 őszén mért átlagoknál. Ugyanazon a talajon, 32 ismétlés átlagában mérve, ugyanazon laborban. E kísérletben Németh (1996) által végzett

vizsgálatok szerint a szaktanácsadásban is használatos AL-módszerrel kapott adatokat jelentős, akár 50 %-ot is meghaladó szezonális változás terhelheti. A felvehető PK-tartalmak „csökkenése” tehát nem valósi csökkenés (fogyás), hanem a mintavétel velejárója, (szórás).

14. táblázat A talaj könnyen oldható P és K tartalmának változása a szántott rétegben műtrágyázás előtt és az első év után (32 ismétlés átlagai)

Mintavétel ideje	Műtrágyázási (ellátottsági) szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
AL-P ₂ O ₅ mg/kg						
1973 ősz	84	84	83	86	3	84
1974 ősz	57	189	360	532	49	284
NaHCO ₃ - P ₂ O ₅ mg/kg						
1973 ősz	14	14	13	15	2	14
1974 ősz	12	83	193	316	20	151
AL-K ₂ O mg/kg						
1973 ősz	172	166	158	156	6	163
1974 ősz	133	193	289	394	19	252

A kontroll és a maximális adagú N₃, P₃, K₃ parcellák szelvényeinek némely talajvizsgálati jellemzőjét a 15. táblázatban tanulmányozhatjuk. Látható, hogy a teljes szelvénytérfogat meszes, a CaCO₃ mennyisége a 30 %-ot is elérheti a löszös altalajban. Ezzel együtt a talaj humusz %-a és felvehető tápelemkészlete lecsökken. A 60-80 cm mélységben a felvehető NO₃-N és Mn koncentrációja átlagosan már 1/10-ére, az AL-oldható P és K, valamint a mikroelemek közül a Cu és Zn felére mérséklődik. A mobilis SO₄-S viszont felhalmozódik az alsóbb rétegekben. A pH_(KCl) jelzi az erősen meszes környezetet. Az elmondottak az adott meszes vályog csernozjom talaj képződésével, genetikájával kapcsolatosak.

Ami a trágyahatásokat illeti megállapítható, hogy a kontrollhoz viszonyítva a NO₃-N 60-80 cm mélységig dúsult a N-kezelésben. A SO₄-S a szuperfoszfát 13 %-os átlagos S-tartalmából eredően 60 cm-ig dúsult a P-kezelésben, míg az AL-P tartalom növekedése 40 cm-ig igazolható. Egyértelmű az AL-K₂O koncentrációjának emelkedése szintén a 40 cm-es mélységig. A NO₃-N formától eltérően azonban a P és K esetén nem beszélhetünk kilúgzásról, csupán a szántás által bekevert és érintett 20-40 cm réteg enyhe akkumulációjáról (15. táblázat). A KCl+EDTA oldható Mn 150-ről 15, a Cu 3,0-ről 1,0, a Zn 1,8-ről 0,9 mg/kg értékre csökkent a 60-80 cm rétegben.

A kiemelt kezelések szelvényein az 1:5 vizes kivonat elemzéseket is elvégeztük, melyek hű képet adhatnak a leginkább mobilis, vízoldható tápelemek és a műtrágyák kísérőionjainak mozgásáról. A 16. táblázat adatai szerint a K műtrágyával bevitt kloridion bemosódása elérte az 1 m mélységet és közel nagyságrendileg dúsult a 40-80 cm rétegben. Ugyanitt észrevehetően megemelkedik a Ca⁺⁺ koncentrációja is, a kilúgzás CaCl₂ só formájában megy végbe alapvetően. A kálsóval bevitt Na⁺ a felső 0-40 cm, a K⁺ pedig a 0-20 cm réteget gazdagította alapvetően.

15. táblázat Talajvizsgálati jellemzők a kiemelt kezelések szelvényeiben (1974. aratás után)

Mintavétel cm-ben		pH _{KCl}	CaCO ₃ %	H %	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SO ₄ -S
mg/kg talajban*								
Kontroll								
0 - 20	7,4	6	3,4	14	73	144	11	
20 - 40	7,4	8	2,9	8	59	94	17	
40 - 60	7,5	16	2,3	8	42	71	21	
60 - 80	7,5	24	2,0	2	40	70	29	
N ₃								
0 - 20	7,5	5	3,0	18	77	140	13	
20 - 40	7,7	12	3,0	14	60	129	13	
40 - 60	7,7	26	2,4	14	40	108	24	
60 - 80	7,5	29	2,4	8	39	78	27	
80 - 100	7,7	30	1,8	2	36	80	35	
P ₃								
0 - 20	7,2	4	3,4	16	535	143	61	
20 - 40	7,4	7	2,8	8	160	135	82	
40 - 60	7,5	15	2,0	2	68	116	62	
60 - 80	7,7	22	1,2	1	51	106	34	
K ₃								
0 - 20	7,2	4	3,0	13	98	420	11	
20 - 40	7,5	6	2,8	5	69	189	10	
40 - 60	7,6	14	2,0	1	55	117	18	
60 - 80	7,6	22	1,6	1	50	99	19	
80 - 100	7,7	27	1,0	1	39	86	28	
100 - 120	7,7	31	0,5	1	36	78	35	

Parcellánként 4-4 fűrés átlagai. *KCl-oldható NO₃-NSO₄-S, AL-oldható P₂O₅, K₂O (MÉM NAK, Baranyai et al. 1987)

A szuperfoszfát kezelés nyomán a 0-40 cm réteg SO₄²⁻ és Ca²⁺ dúsulása érzékelhető, hiszen ez a műtrágya elsősorban Ca és S forrás a P mellett. Az ún. „összes só” %-a egyetemesen tükrözi az elektrolitok talajbani mennyiségét és ezzel a mobilis ionok útját a szelvényben. Az „összes só” %-a megnőtt a P-kezelésben 40 cm (SO₄²⁻, Ca⁺⁺), a N-kezelésben 60 cm (NO₃-N), a K-kezelésben 100 cm mélységig (K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Cl⁻) az azonosított ionok akkumulációja nyomán. A tartós és nagymérvű műtrágyahasználat tehát akár egy nagyságrenddel megnövelheti a talaj eredeti sókészletét és ezzel távlatilag veszélyeztetheti termékenységét. Ismert, hogy a fólia alatti zöldségtermesztésben ez a körülmény talajcseréhez vezethet.

16. táblázat Az 1:5 vizes kivonat elemzések a kiemelt kezelések szelvényeiben (1974. aratás után)

Mintavétel cm-ben		Ionkoncentráció mgé/100 g talaj						“Összes só” %	H ₂ O %
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		
Kontroll									
0 -	20	0,12	0,17	0,10	0,03	0,94	0,14	0,02	14
20 -	40	0,14	0,22	0,10	0,02	1,06	0,08	0,02	13
40 -	60	0,12	0,25	0,07	0,02	0,85	0,08	0,02	12
60 -	80	0,19	0,31	0,09	0,02	0,98	0,11	0,02	12
N ₃									
0 -	20	0,15	0,29	0,09	0,03	1,02	0,14	0,10	14
20 -	40	0,21	0,20	0,08	0,02	0,89	0,09	0,06	13
40 -	60	0,21	0,18	0,08	0,02	0,92	0,11	0,09	11
60 -	80	0,21	0,18	0,07	0,01	0,77	0,11	0,02	10
80 -	100	0,18	0,20	0,07	0,02	0,76	0,04	0,02	10
P ₃									
0 -	20	0,30	1,05	0,14	0,03	2,00	0,36	0,10	14
20 -	40	0,24	0,93	0,12	0,02	1,67	0,23	0,10	13
40 -	60	0,16	0,19	0,09	0,02	1,19	0,16	0,06	12
60 ,	80	0,17	0,23	0,09	0,02	0,82	0,12	0,02	10
K ₃									
0 -	20	0,21	0,11	0,46	0,27	1,05	0,16	0,05	14
20 -	40	0,22	0,13	0,59	0,05	0,95	0,12	0,06	12
40 -	60	1,17	0,18	0,23	0,03	1,47	0,19	0,10	11
60 -	80	1,47	0,33	0,17	0,03	1,75	0,29	0,11	11
80 -	100	0,60	0,66	0,11	0,02	0,98	0,21	0,09	11
100 -	120	0,24	0,36	0,09	0,02	0,69	0,19	0,03	9

A vizsgált vályog csernozjom talaj sókészlete csekély, így ez a növekedés még nem minősíthető agronómiai szempontból, hiszen az 1 % alatti sótartalom a legtöbb haszonnövény termesztését még nem akadályozza. A 16. táblázatból az is látható, hogy a 4 éves lucerna elővetemény az egész vizsgált talajszelvényt kiszárította. Az 1974-es és csapadékosabb (közel 700 mm) időjárása csak a felső 40 cm rétegben eredményezett mérsékelt, 2-3 %-os vízkészlet növekményt. Megemlítjük, hogy kísérletünkben a talaj szerkezetének romlását műtrágyázás hatására nem tudtuk igazolni. A szántott réteg rheológiai tulajdonságai nem változtak, ill. a *Cassagrande módszerrel* mért elfolyási hatások érdemben nem módosultak.

Szabadföldön ugyanis az elektrolitok lefelé mozognak a csapadékvízzel, így felhígulnak, ill. részben mint tápionokat a növények felveszik és ezzel koncentrációjuk lecsökken. Erre utaltak a 'Sigmond-féle „összes só” elemzések adatai is. Műtrágyáinknak átlagosan csupán 1/3-a hatóanyag, míg 2/3-a egyéb ballaszt vagy vivőanyag. A könnyen oldható tápelemek és a vizes kivonatok elemzési adatai egymást kiegészítve lehetővé tették, hogy a tápelemeket a kísérőionoktól elkülönítsük. Láttuk, hogy pl. az AL-pH készlet a szántás helyén

maradt, míg a P és K műtrágyák kísérő egyéb ionjai mélyebbre vándoroltak. A pétisó $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalma megkötődik, míg a $\text{NO}_3\text{-N}$ forma kilúgzódik, túltrágyázás esetén a fel nem vett N a talajvizet szennyezheti bizonyos termőhelyeken.

Főbb eredményeink az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A búza éréskori lisztharmattal való fertőzöttsége a N-túlsúly nyomán 24 %-ról 56 %-ra nőtt átlagosan. A P, ill. K ellátás javulásával a fertőzés 10 ill. 14 %-kal mérséklődött. A kiegyensúlyozott táplálással a lisztharmattal szembeni rezisztencia javult, a termések növelhetők voltak.
2. Méréseink szerint a bokrosodáskori búza kloriddal szembeni tűrési, toxicitási határkoncentrációját a hajtás 0.2 % körüli Cl^- tartalma jelezheti.
3. Az NxP kölcsönhatások eredményeképpen a 4 t/ha kontroll szemtermés 35-40, míg a ha-onkénti fehérjehozam 60-65 %-kal emelkedett.
4. Az aminosavak kevésbé változtak, genetikailag viszonylag stabilak. A maximális termés és minőség (fehérje- és aminosav tartalom, ill. hozam) a kiegyensúlyozott NxP ellátás függvényeként jött létre. A talaj AL-oldható P_2O_5 tartalmát azonban sem a termés mennyisége, sem a minősége fokozása céljából nem indokolt 150-200 mg/kg fölé növelni.
5. A csapadékos első év után az N_3 kezelésben a $\text{NO}_3\text{-N}$ 60 cm mélységig mosódott le. Az 1:5 vizes kivonat elemzések szerint a kálisóval bevitt Cl^- kilúgzása az 1 m-t is elérhette, nagyságrendi dúsulást jelezve a 40-80 cm rétegben. A K^+ és Na^+ , valamint a P-kezelésben a SO_4 és Ca^{++} a feltalaj 0-40 cm rétegében maradt. Az „összes só” jól jelezte az elektrolitok mozgását a talajszelvényben.

2. Műtrágyázás hatása kukoricára (*Zea mays* L.) 1976-1977

2.1. Anyag és módszer

A kukorica (*Mv 380*) vetésére 1976. 04. 29-én került sor 70x30 cm kötésben, kb. 60 ezres tőszámmal számolva ha-onként. A 6-leveles korú kukoricát 06. 09-én mintáztuk parcellánként 20-20 földfeletti hajtás begyűjtésével. A betakarítás 11. 08-án történt kézzel. A minták, ill. a termés friss és légszáraz tömegét megmértük és cc.HNO₃+cc.H₂O₂ roncsolást követően a fontosabb makro- és mikroelem koncentrációkat is meghatároztuk. Analízishez az ismétlések anyagát kezelésenként egyesítettük, így 64 hajtás + 64 szem + 64 szár, azaz összesen 192 mintával dolgoztunk.

Betakarítás idején egy nagyobb szélvihart követően egyes parcellák növénye a földön feküdt, a szár ízekre tört szét. Parcellánként megszámláltuk a tört, valamint a golyvás üszöggel fertőzött egyedek számát és az összes növény %-ában fejeztük ki. A 64 szemmintát aminosav összetételét *Gáspár László* vizsgálta automata analízisgéppel. Az össz-aminosav képből hiányzik a triptofán, mivel a savas hidrolízis nyomán elbomlik. 1976 őszén 20-20 lefűrészből átlagmintákat képeztünk parcellánként a szántott rétegből, és a mintákban meghatároztuk az ammonlaktát-oldható P és K, valamint az NaHCO₃-oldható P tartalmakat.

A parcellák cellulózbontó aktivitását *Gulyás Ferenc* vizsgálta *Unger (1960)* módszerével. Az 5-5 g vatta teszteket 4-4 ismétlésben helyeztük minden parcellán, átlagosan 10-20 cm mélységre, átlagosan 3 hónap időtartamra. Az 1974. és 1975. évi búzakísérletben bokrosodás vége - aratás idejére, míg az 1976. évi kukoricában 06. 25. - 10. 18. közötti időtartamra. A visszamaradt cellulóz meghatározása az izzítási veszteség alapján történt. Mivel a két kukoricaév időjárása, abszolút és relatív termései, ill. trágyahatásai eltérőek voltak, az 1976. "rossz" és az 1977. "jó" kukoricaévek eredményeit, a levonható tanulságokat külön tárgyaljuk.

1. táblázat A talaj könnyen oldható P és K tartalmának változása, mg/kg

Mintavétel ideje	Műtrágyázási (ellátottsági) szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
AL-P ₂ O ₅ tartalom (P hatására)						
1974 ősz	57	189	360	532	49	284
1976 ősz	65	123	190	290	22	167
NaHCO ₃ -P ₂ O ₅ tartalom (P hatására)						
1974 ősz	12	83	193	316	20	151
1976 ősz	16	44	72	123	10	64
AL-K ₂ O tartalom (K hatására)						
1974 ősz	133	193	289	394	19	252
1976 ősz	143	178	212	268	18	200

Megjegyzés: Az 1 mg/kg koncentráció 3 kg/ha mennyiségnek felel meg elméletileg a 3 millió kg tömegű 20 cm szántott réteget alapul véve

Amint az *1. táblázatban* látható, az első év után még a műtrágyában adott foszfor teljes mennyisége AL-oldható formában kimutatható a szántott rétegben. A kísérlet 3. évében ez a könnyen oldható frakció a felére csökken, idővel tehát megkötődik. A NaHCO_3 -oldható P-tartalomban ez a fogyás gyorsabban következik be, az adott P-nak csak alig 1/5-e található ebben a formában a 3. év végén. Hasonló képet mutat az AL- K_2O tartalom is, az AL- P_2O_5 tartalomnál gyorsabban süllyed az idővel.

További vizsgálatokkal dönthető majd el, hogy mikor áll be egy viszonylagos egyensúly a talajban és az így létrehozott ellátottságbeli különbségek mennyire tekinthetők stabilnak e talajon. Másrésztől kérdéses, hogy a növényi felvétel hogyan alakul, ill. a tényleges növényi felvétel jelezni fogja-e a talajkémiai módszerrel kimutatott megkötődést?

2.2. 1976. évi eredmények

A 6-leveles hajtás, valamint a betakarításkori tőszám, 1000-magtömeg és szemtermés adatait a *2. táblázatban* foglaltuk össze. Az 1976. évben átlagos, 576 mm csapadék hullott. Az IV.-IX. hónapok alatti, azaz a tenyészidő alatti csapadék mennyisége 312 mm volt. Mindez nem fedezte a kukorica vízigényét. A 2 év búza előveteményt megelőzően 4 éven át lucernát termesztettünk e területen. A száraz időjárásnak és feltehetően a korábbi lucernatörésnek eredményeképpen érdemi N-hatásokat 1976-ban nem kaptunk. A termés elemeket, ill. a fiatal hajtás tömegét a PxK ellátás módosította alapvetően, bár megemlítjük, hogy az évenkénti 200-300 kg/ha N-adag már igazolható 10 % körüli hajtás ill. szemtermés csökkenéshez vezetett.

A növekvő együttes PK trágyázással a hajtás tömege kétszeresére nő, a betakarításkori tőszám viszont igazolhatóan csökkent átlag 6 ezerrel a javuló P-ellátással. Kifejezettebb a K pozitív, ill. a P negatív hatása az 1000-mag tömegére. Az egyoldalú P-túlsúly 221, míg az egyoldalú K-túlsúly 320 g-ot eredményezett. A P1 szintű, közepes P-ellátottságú talajon 6,2 t/ha maximális szemtermést kaptunk a K-mal is jól ellátott kezelésben, míg az egyoldalú P-túlsúly nyomán 3,4 t/ha a szemtermés. A túlzott P-trágyázás átlagosan 1,4 t/ha, azaz 25 % termésvesztést okozott a kedvező P1 szinthez viszonyítva (*2. táblázat*).

A golyvás üszög előfordulását a N-túlsúly igazolhatóan növelte, míg a kedvező P-ellátás ellensúlyozta, legalábbis egy bizonyos mértékig. Feltehető, hogy a N-túlsúly által kiváltott terméscsökkenés részben a gyakoribb golyvás üszög fertőzésre vezethető vissza. A szártörés előfordulását viszont egyértelműen a talaj növekvő P-kínálatával magyarázhatjuk, melyet a K-ellátás részben képes ellensúlyozni. A K-mal jól ellátott parcellákon a szár friss, vízben gazdag maradt és ellenállt a szártörésnek. Ismeretes, hogy a K a növények vízforgalmát javítja, fiatalítja. A szártermés légszáraz tömegét mind a P, mind a K trágyázás mérsékelten növelte (*3. táblázat*).

A golyvás üszög (*Ustilago maydis*) és a fuzáriumos szártörés előfordulása arra utal, hogy a tápláltság színvonala és a betegségekkel szembeni viselkedés nem független egymástól. Az alultápláltság bizonyos betegségekre fogékonnyá tehet, míg másokat (embernél a civilizációs betegségek) a túltáplálás indukálhat. Általánosságban ezek az összefüggések ismertek, de kevés konkrét utalást találunk a szakirodalomban arra vonatkozólag, hogy a főbb tápelemek hiánya vagy túlsúlya milyen betegségek előfordulását befolyásolhatja kultúrnövényeinknél.

2. táblázat PxK műtrágyázás hatása a kukoricára, 1976

P-szintek	K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
6-leveles hajtás 06. 09-én, g/20 légszáraz növény						
P0	17	21	23	23		26
P1	21	29	31	33	5	28
P2	21	30	35	35		30
P3	21	32	34	35		30
Átlag	20	27	30	31	3	27
Tőszám betakarításkor 11. 08-án, 1000 db/ha						
P0	47	49	51	53		50
P1	45	45	47	48		46
P2	44	45	46	44	6	45
P3	42	45	44	47		44
Átlag	44	46	47	48	3	46
1000 magtömeg, g						
P0	313	325	323	320		320
P1	266	302	311	312	16	297
P2	252	280	296	281		277
P3	221	270	263	272		256
Átlag	263	294	298	296	8	287
Szemtermés t/ha						
P0	4.1	4.9	4.8	5.0		4.7
P1	4.5	5.7	6.2	6.2	0.6	5.6
P2	4.3	4.8	5.4	5.0		4.9
P3	3.4	4.6	4.5	4.6		4.2
Átlag	4.1	5.0	5.2	5.2	0.3	4.9

Megjegyzés: SzD_{5%} értékek a sorokra és oszlopokra megegyezők

A harmónikusán táplált egyedek, növények kevésbé érzékenyek a fertőző betegségekkel szemben. Már *Voisin (1964)*, később *Bergmann (1979)* utal arra, hogy a hiányos vagy egyoldalú táplálás nyomán előálló anyagcserezavarok gátolhatják a megfelelő enzimatis védekező mechanizmusok működését. A nagyadagú műtrágyázás mikroelem-hiányokat idézhet elő, esetünkben a P-Zn ionantagonizmus jelensége elősegíthette a fuzáriumos szártörést. Lássuk mennyiben támasztják alá e feltételezést a növényelemzés eredményei.

3. táblázat Műtrágyázás hatása a kukoricára betakarításkor, 1976. 11. 08.

N,K szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Golyvás üszög előfordulása, %						
N0	10	8	8	8		8
N1	16	8	8	8	3	10
N2	20	14	12	12		14
N3	18	16	14	12		14
Átlag	16	11	10	10	2	12
Szártörés előfordulása, %						
K0	25	90	90	98		75
K1	5	40	50	55	10	38
K2	0	35	35	38		28
K3	2	28	30	30		22
Átlag	8	50	50	55	5	40
Száztermés H ₂ O %-a						
K0	40	22	25	28		29
K1	54	42	32	34	6	40
K2	56	40	42	40		44
K3	66	50	46	48		52
Átlag	54	48	36	37	3	41
Légszáraz száztermés, t/ha						
K0	2,7	2,8	2,8	2,2		2,6
K1	2,8	3,0	3,2	3,4	0,5	3,1
K2	2,8	3,4	3,2	3,2		3,2
K3	2,3	3,4	3,3	3,1		3,0
Átlag	2,6	3,2	3,1	3,0	0,3	3,0

Megjegyzés: Az SzD_{5%} értékek a sorokra és oszlopokra azonosak

A hajtás elemkoncentrációit elsősorban a minimumban levő elem, a P adagolása, kisebb részben a K-ellátás módosította. A javuló P-szinteken nőtt a N, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu tartalom. A P %-a megkétszereződött, nem változott bizonyíthatóan a B, a Zn mennyisége pedig 1/3-ával csökkent. A K-trágyázással látványosan csupán a K %-a emelkedett, valamint a kation antagonizmus nyomán a két fő kation, a Ca és Mg %-a süllyedt. A *Bergmann és Neubert (1976)* által összeállított növényi optimumok/ határértékek arra utalnak, hogy a trágyázatlan parcella növényei N-nel kielégítően, K-mal és P-ral gyengén ellátottak voltak. Az egyéb elemek mennyisége is megfelelőnek mutatkozott. A K adagolással a K-hiány, P adagolással pedig a P-hiány szűnt meg. A P/Zn aránya viszont 200 fölé emelkedett és ezzel Zn-hiány alakult ki (4. táblázat).

A fiatal kukorica optimális, kiegyensúlyozott K/P aránya korábbi vizsgálataink szerint (*Kádár 1980*) 5-10 körüli értéket mutatott. Kísérletünkben a KxP kölcsönhatások nyomán a 6-leveles hajtás K/P aránya 3-13 között változott és a nagy hozamú parcellákon 8-10 között alakult. Adatainkat az 5. táblázat foglalja össze. Betakarítás idején szintén a P-ellátás befolyásolta döntően a legtöbb elem növénybeni koncentrációját. A 6-leveles hajtásnál megfigyeltékhez hasonlóan a javuló P-ellátottsággal együtt nőtt nemcsak a P, hanem a K, Mg, Fe, Mn tartalom

is a szemben. Csökkent viszont a beépült Zn mennyisége és a P/Zn aránya 200 körüli értékre tágult. A szárban igazolhatóan 3 elem tartalma változott a P-on kívül: enyhén csökkent a K, 1/3-ára zuhant a Zn és mintegy 50 %-kal nőtt a Mn. A P/Zn aránya, azaz a P túlsúlya a Zn-hez viszonyítva a kontrollon mért 22-ről 330-ra, 15-szörösére tágult. Az indukált Zn-hiány tehát egyre kifejezettebbé vált a korral és hozzájárulhatott a szártöréshez (6. táblázat).

4. táblázat PK-ellátás hatása a 6-leveles hajtás*összetételére, 1976

Elemek	0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
P hatására (NK kezelések átlagában)						
N %	3,91	4,10	4,11	4,11	0,20	4,05
K %	3,40	3,43	3,56	3,64	0,13	3,50
Ca %	0,88	0,98	1,00	1,00	0,04	0,97
Mg %	0,52	0,59	0,59	0,59	0,04	0,57
P %	0,31	0,47	0,51	0,60	0,04	0,47
Fe ppm	606	662	649	685	62	650
Mn ppm	93	132	152	166	7	136
Zn ppm	30	21	22	21	3	24
Cu ppm	11	12	14	14	1	13
B ppm	7	7	7	7	1	7
P/Zn arány	102	222	234	288	44	199
K hatására (NP-kezelések átlagában)						
K %	1,97	3,37	4,22	4,49	0,13	3,50
Ca %	1,22	1,00	,85	0,79	0,04	0,97
Mg %	0,77	0,59	0,48	0,45	0,04	0,57
P %	0,50	0,47	0,45	0,46	0,04	0,47
Fe ppm	735	631	625	610	62	650
Mn ppm	147	135	129	132	7	136
B ppm	7,7	7,3	7,1	7,0	0,4	7,3

*(légszáraz anyagban, 1976. 06. 09.) Optimális összetétel *Bergmann és Neubert (1976)* szerint: N 3,5-5,0 , K 3,0-4,0 , Ca 0,3-0,7 , Mg 0,2-0,6 , P 0,3-0,5 %, Fe 50-250, Mn 30-300, Zn 20-60, B és Cu 5-25 ppm, P/Zn aránya 50-150 között

5. táblázat PxK ellátás hatása a 6-leveles hajtás elemarányára, 1976

P-szintek	K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
K/P arány (N átlagai)						
P0	6,4	11,1	13,0	13,2		10,6
P1	3,8	7,1	9,2	9,8	2,4	7,3
P2	3,9	6,2	8,7	8,9		7,0
P3	2,8	5,9	7,9	8,3		6,1
Átlag	4,0	7,2	9,4	9,7	1,2	7,5

Megjegyzés: Az SzD_{5%} értékek a sorokra és az oszlopokra megegyeznek

6. táblázat Műtrágyázás hatása a kukorica összetételére betakarításkor, 1976

Elemek	0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
Szem, P hatására (NK kezelések átlagában)						
N %	1,74	1,63	1,62	1,65	0,05	1,66
K %	0,39	0,46	0,47	0,46	0,04	0,45
P %	0,29	0,42	0,44	0,44	0,04	0,40
Mg %	0,18	0,21	0,22	0,23	0,03	0,21
Ca ppm	111	138	99	113	24	115
Fe ppm	52	69	77	78	8	69
Zn ppm	34	23	23	21	3	25
Mn ppm	10	12	14	14	2	13
P/Zn arány	85	183	191	210	16	167
Szár, N hatására (PK kezelések átlagában)						
N %	0,99	1,07	1,07	1,14	0,06	1,06
K %	0,92	1,00	1,04	1,11	0,08	1,02
P %	0,19	0,22	0,20	0,23	0,03	0,21
Szár, P hatására (NK kezelések átlagában)						
K %	1,15	1,02	0,96	0,93	0,08	1,02
P %	0,08	0,16	0,26	0,33	0,03	0,21
Mn ppm	78	104	116	126	12	106
Zn ppm	36	14	13	10	4	19
P/Zn arány	22	114	200	330	38	166
Szár, K hatására (NP kezelések átlagában)						
K %	0,70	0,90	1,10	1,36	0,08	1,02
Ca %	0,71	0,66	0,63	0,64	0,05	0,66
Mg %	0,57	0,50	0,43	0,42	0,04	0,47

Megjegyzés: A szárban az átlagos Fe 500 ppm, Cu 10 ppm értéket mutatott és nem változott a kezelések függvényében. A szem átlagos Cu tartalma 4 ppm volt.

A vegetatív szár igen érzékenyen mutatja a tápláltságban bekövetkezett változásokat. A N-hatások is megjelentek, igazolhatóan nőtt a N, P, K %-a a N-túlsúly nyomán. A K-trágyázással emelkedett a K, valamint mérséklődött a két antagonist kation, a Ca és Mg %-a. Megemlítjük, hogy a Fe átlagosan 500 ppm, míg a Cu 10 ppm értéket jelzett és nem változott igazolhatóan a kezelések függvényében (6. táblázat).

A fehérje és aminosav tartalmat közismerten a N-ellátás javulásával növelhetjük elsősorban. *Izsáki (1999)* újabb vizsgálatai szerint pl. a 7 % körüli fehérjét tartalmazó kukoricaszem fehérjetartalma 8-9 %-ra nőtt N-trágyázással N-ben szegény talajon. Ugyanitt a vizsgált 17 aminosav közül 13 koncentrációja igazolhatóan emelkedett 13-27 % közötti értékkel. Kísérletünk talaja kielégítő N-ellátottságú volt, így a N-hatások sem jelentkeztek. A nyersfehérje tartalma a 10 %-ot is meghaladta a kontroll talajon és nem módosult tovább N-trágyázással. A

minimumban levő P-ellátás javulásával azonban (a P1 optimális szintig) igazolhatóan nőtt nemcsak a szemtermés, hanem az esszenciális aminosavak mennyisége is.

7. táblázat P-trágyázás hatása a kukoricaszem aminosav tartalmára a fehérje %-ában, 1976

Aminosav	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Esszenciális aminosavak						
Arginin	4,6	5,0	4,8	4,8	0,4	4,8
Fenialanin	4,7	4,5	4,5	4,5	0,3	4,6
Hisztidin	2,6	2,7	2,6	2,7	0,2	2,7
Izoleucin	3,3	3,4	3,3	3,3	0,2	3,3
Leucin	12,4	12,1	11,9	12,1	0,4	12,1
Lizin	2,8	3,1	3,0	3,0	0,2	3,0
Metionin	2,9	2,9	2,9	3,0	0,3	2,9
Treonin	3,6	3,7	3,7	3,7	0,2	3,7
Valin	4,6	4,7	4,8	4,7	0,3	1,7
Összesen	41,5	42,1	41,5	41,8	0,5	41,8
Nem esszenciális aminosavak						
Alanin	7,1	7,1	7,3	7,4	0,3	7,2
Aszparaginsav	6,8	7,0	6,8	6,6	0,3	6,8
Cisztin	2,4	2,4	2,4	2,5	0,3	2,4
Glicin	3,6	3,8	3,8	3,8	0,2	3,7
Glutaminsav	19,2	18,8	18,6	18,9	0,4	18,9
Prolin	8,6	8,8	9,1	9,0	0,4	8,9
Szerin	4,6	4,6	4,5	4,6	0,2	4,6
Tirozin	4,0	3,8	3,9	3,8	0,2	3,9
Összesen	56,3	56,3	56,4	56,6	0,5	56,4
Mindösszesen	97,8	98,4	97,9	98,4	0,6	98,2
NH ₄ -N	2,0	1,8	1,7	1,8	0,2	1,8
Nyersfehérje %10,9	10,2	10,1	10,1	10,3	0,4	10,2

Megjegyzés: Össz-N x 6,25 = nyersfehérje %

A vizsgált aminosavak teljes garnitúráját, valamint az NH₄-N és a nyersfehérje mennyiségét a 7. táblázatban tanulmányozhatjuk. Az adatokból látható, hogy az aminosav összetétel genetikailag stabil, kismérvű, de igazolható növekedést csupán a lizin és az összes esszenciális készlet mutat. Az aminosavak garnitúrája a kukorica-fehérjére jellemző: különösen gazdag leucinban és glutamin savban, viszont szegény hisztidin, lizin, metionin és triptofán aminosavakban. Utóbbit nem tudtuk meghatározni. A táblázatból megállapítható, hogy az esszenciális aminosavak összesen 42, míg a nem esszenciálisak 56, az NH₄-N 2 %-kal részesedett a kukoricaszem fehérjében. A kielégítő P-ellátottságon lecsökkent az NH₄-N mennyisége, javult tehát a fehérjébe való beépülése. Összességében megállapítható, hogy a talaj P-ellátottságát sem a termés, sem a minőség javítása céljából nem célszerű a kielégítő P1 szint, azaz a 120-180 mg/kg AL-P₂O₅ tartalom fölé emelni.

8. táblázat Mútrágyázás hatása a talaj cellulózbontó aktivitására. Elbontott cellulóz %-a a talajban

N,K szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Őszi búza alatt, 1974. 04. - 07. hó között						
K0	48	68	76	70		70
K1	44	58	71	60	8	60
K2	42	49	66	50		50
K3	42	42	62	40		40
Átlag	44	54	69	55	4	55
Őszi búza alatt, 1975. 04. - 07. hó között						
K0	39	60	60	57		54
K1	33	65	64	60	5	56
K2	33	63	52	52		51
K3	31	54	47	49		45
Átlag	34	60	57	54	3	52
Kukorica alatt, 1976. 07. - 11. hó között						
N0	19	20	21	23		21
N1	21	24	26	26	4	24
N2	21	27	32	31		28
N3	23	30	30	34		29
Átlag	21	25	27	28	2	26

A 3. évben a kukorica alatti K-trágyázás depresszív hatása már nem mutatható ki, viszont megjelenik a N pozitív hatása a cellulózbontó tevékenységben. (A búza gyökér és tarló maradványai tág C/N arányú szerves anyagok, tehát bontásuk N-igényes folyamat). A 8. táblázat adataiból az is látható, hogy míg a búza alatt a kedvezően csapadékos években a talajba helyezett cellulóz több mint 50 %-a 3 hónap alatt elbomlott, addig az aszályos nyarú 1976. évben, a kiszáradó kukorica alatti talajban átlagosan mindössze 1/4-e, annak ellenére, hogy a tesztek a kukorica alatt hosszabb expozíciós időre voltak lehelyezve. A mikrobiális tevékenység általános csökkenéséhez a vízhiányon kívül minden bizonnyal hozzájárulhatott az a körülmény is, hogy míg az első években a lucerna elővetemény nagy tömegű és jó minőségű könnyen bomló szerves anyagot hagyott hátra, addig az őszi búza tarló- és gyökérmaradványának sem a mennyisége, sem a minősége nem kedvezett a nagyobb mérvű cellulózbontó aktivitásnak.

A 4-6 leveles korú kukorica hajtása, hasonlóan a kalászosok bokrosodás végi stádiumához, intenzíven felhalmozza a tápelemeket. A növényi elemtartalmak ekkor a maximális értékeket érhetik el és jól tükrözik a talaj kínálatát. A növénydiagnosztikai módszereink ezért erre a fejlődési stádiumra ellátottsági határértékeket állapítottak meg a szaktanácsadás számára (*Elek és Kádár 1980*). A luxusfelvételt is mutató fiatal növényi hajtás tápelemkészlete tartalékul szolgál az azt követő szárbaszökés, intenzív megnyúlás, ill. szárazanyag-gyarapodás során.

A 9. táblázat adatai a 6-leveles hajtásba épült N, P és K elemek mennyiségeit mutatják be kg/ha-ban. A terméshez hasonlóan a tápelemfelvételt is a két minimumban levő elem, a PxK ellátás kölcsönhatása befolyásolta. Amint látható, a

felvett N kétszeresére, a felvett P háromszorosára, míg a K csaknem ötszörösére emelkedik. Depresszió nem jelentkezik, maximális felvétel a maximális kínálatot tükrözi. Az is megállapítható, hogy a legnagyobb mérvű luxusfelvétel a K-raj jellemző ebben a korban. A Ca 500-900, Mg 300-600, Na 30-60, Fe 5-15, Mn 1-3, Zn 0,7-1,4, Cu 0,4-0,8 g/ha mennyiségeket tett ki.

9.táblázat PxK hatása a 6-leveles kukorica hajtás elemfelvételére (kg/ha), 1976

P-szintek	K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
N-felvétel						
P0	2,1	2,4	2,7	2,8		2,5
P1	2,6	3,6	3,9	4,0	0,6	3,6
P2	2,5	3,9	4,2	4,3		3,7
P3	2,6	4,0	4,2	4,5		3,8
Átlag	2,5	3,5	3,8	3,9	0,3	3,4
P-felvétel						
P0	0,18	0,20	0,21	0,22		0,20
P1	0,19	0,42	0,44	0,44	0,08	0,37
P2	0,33	0,48	0,54	0,55		0,47
P3	0,44	0,57	0,60	0,62		0,56
Átlag	0,29	0,42	0,44	0,46	0,4	0,41
K-felvétel						
P0	1,1	2,3	2,7	2,9		2,2
P1	1,2	3,0	4,0	4,4	0,6	3,1
P2	1,2	3,0	4,7	4,9		3,4
P3	1,2	3,3	4,7	5,2		3,6
Átlag	1,2	2,9	4,0	4,4	0,3	3,1

Ca 500-900, Mg 300-600, Na 30-60, Fe 5-15, Mn 1-3, Zn 0,7-1,4, Cu 0,4-0,8 g/ha átlagosan

A betakarításkori szem és szár termésébe épült elemek tekintetében szintén a K és P hatások domináltak. A 10. táblázatban a K-ellátás függvényében tekinthetők át a felvett elemek mennyiségei. A javuló K-ellátás a legtöbb elem felvételét igazolhatóan 20-30 %-kal növelte. Az extrém luxusfelvételt mutató K esetében, a szárban, ez a növekedés meghaladja a 200 %-ot. A szemtermés halmozta fel a N, P és a Zn döntő tömegét, egyéb elemek nagyobb része a szártermésben található annak ellenére, hogy a szár tömege viszonylag mérsékelt maradt a szemhez viszonyítva ezen a száraz tavaszon.

A P, Zn és Mn felvételét döntően a P-ellátottság határozta meg. A szártörés a P-túlsúly, ill. az általa kiváltott Zn-hiány nyomán alakult ki véleményünk szerint. A szár P-felvétele több mint háromszorosára nőtt, míg a szár+szembe épült P mennyisége 71 % többletet mutatott a P-kontrollhoz viszonyítva. Ugyanitt a szár Zn-felvétele 1/3-ára, a szár+szem Zn felvétele 45 %-ra zuhant. A Mn felvétele együtt haladt a P-ral, a teljes földfeletti termésben szintén 71 % többletet mértünk a kontrollhoz képest. A PxZn antagonizmus, ill. a PxMn szinergizmus kifejezett e

talajon más növényeknél is. A két érintett mikroelem viszonylatában a P trágyázás tehát Mn x Zn antagonista kapcsolatot hoz létre.

10. táblázat K műtrágyázás hatása a tápelemek felvételére betakarításkor, 1976

Elem jele		K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
Szemtermésben							
N	kg/ha	66	82	88	88	5	81
K	kg/ha	18	22	25	23	2	22
P	kg/ha	15	20	22	21	2	19
Mg	kg/ha	8	10	12	11	1	10
Ca	g/ha	460	560	580	650	30	560
Fe	g/ha	275	338	365	363	20	335
Zn	g/ha	100	128	134	137	7	125
Mn	g/ha	47	63	68	69	4	62
Cu	g/ha	20	25	26	26	2	24
Száztermésben							
N	kg/ha	28	32	33	34	3	32
K	kg/ha	18	28	35	40	3	30
Ca	kg/ha	19	21	20	20	2	20
Mg	kg/ha	15	16	14	13	1	14
P	kg/ha	5	6	7	7	1	6
Fe	kg/ha	1	2	2	2	1	2
Mn	g/ha	274	334	340	326	26	318
Zn	g/ha	50	56	57	52	4	54
Cu	g/ha	26	31	32	30	3	30

Megjegyzés: A P és K kezelések, azaz 32 ismétlés átlagában

11. táblázat A kukorica átlagos elemfelvétele 5 t/ha körüli szemtermésnél, 1976

Elemek		6-leveles hajtás	Szem	Szár	Szem+szár	Fajlagos*
N	kg/ha	3,4	81	31	112	22
K	kg/ha	3,1	22	30	52	10
Ca	kg/ha	0,8	1	20	21	4
Mg	kg/ha	0,5	10	1	11	2
P	kg/ha	0,4	19	6	25	5
Fe	g/ha	11,5	335	1618	1953	391
Mn	g/ha	2,0	62	318	380	76
Zn	g/ha	1,1	125	54	179	36
Cu	g/ha	0,6	24	30	54	11

Az 5 t/ha körüli szem + a hozzá tartozó százterméssel felvett elemek mennyiségét a 11. táblázat közli, melyek hasonló talajon iránymutatónak szolgálhatnak a tervezett termés trágyaigényének számításánál. A fajlagos, azaz az 1 t/ha szemtermés + melléktermés elemigénye tehát az alábbiak szerint alakult

1976-ban, ebben a száraz, rossz kukoricaévben, kis szártermésnél: 22 kg N, 12 kg K₂O, 11 kg P₂O₅, 4 kg Ca, 2 kg Mg, 390 g Fe, 76 g Mn, 36 g Zn, 11 g Cu. A mikroelemek felvett mennyiségei csak elméleti jelentőséggel bírnak, amennyiben felvételüket a talajtulajdonságok, ill. a talajbani oldhatósági viszonyok szabályozzák.

Az 1976. évi főbb megállapításainkat az alábbiakban foglaljuk össze:

1. A talajba vitt műtrágya-P mennyiségének átlagosan mintegy a fele, míg a műtrágya-K mennyiségének 1/5-e volt kimutatható ammonlaktát-oldható formában. A NaHCO₃-oldható P-frakcióban a bevitt szuperfoszfát P-készletének szintén 20-25 %-a található a kísérlet 3. évében a szántott rétegben. A P és a K kevésbé oldható formákká alakult idővel a talajban.
2. A termés tömegét a PxK ellátás szabályozta, N-hatások elmaradtak ebben a száraz évben. A P-túlsúly hatására igazolhatóan csökkent a betakarításkori tőszám, az 1000-mag tömege és a szemtermés is. Az egyoldalú P-túlsúly 3,4 t/ha, a kiegyensúlyozott PK ellátás 6,2 t/ha szemtermést eredményezett.
3. A N-túlsúlya nem a termést, hanem a golyvás üszög (*Ustilago maydis*) előfordulását növelte. Ezt a hatást a P-ellátás javulása részben ellensúlyozta. A fuzáriumos szártörés teljessé vált az egyoldalú P-túlsúly nyomán, amelyet részben a K-ellátás javulásával lehetett ellensúlyozni.
4. A 6-leveles kukorica hajtásának ásványi összetétele jól tükrözte a talaj tápelem-kínálatát. Az ebben a korban végzett növényelemzés az irodalmi utalásokkal összhangban alkalmas lehet diagnosztikai célokra, ill. a műtrágyázási szaktanácsadás egyik alapjául szolgálhat. A növekvő P-ellátással a P/Zn aránya 200 fölé emelkedett, jelezve a kialakuló Zn-hiányt.
5. A betakarításkori szem és szár ásványi összetételében legnagyobb módosulásokat szintén a P-trágyázás okozott. A szem P/Zn aránya 2,5-szeresére tárgult és 200 fölé emelkedett, míg a szár P/Zn aránya a kontroll talajon mért 22-ről 330-ra váltott, 15-szörösére nőtt. Itt aratás idejére egy erős szélvihart követően teljes szártörés következett be.
6. A szemtermés aminosav összetétele viszonylag állandó maradt, hiszen érdemi N-hatások sem jelentkeztek. A P-ellátás mérsékelt javulásával azonban némileg nőtt az esszenciális aminosavak összege.
7. A cellulózbontó aktivitást igazolhatóan csökkentette az 1. és a 2. évben a búzakísérlet alatt a KCl nagy mennyisége, növelte ill. a depressziót némileg ellensúlyozta a javuló P-ellátás. A kukorica alatt a 3. évben NxP pozitív kölcsönhatások domináltak. A búza alatti 3 hónapos expozíciós idő 52-55 %-os bomlást, míg a kukorica alatti 4 hónap mindössze 26 %-os bomlást eredményezett. A kukorica alatt ugyanis a talaj kiszáradt és a két búza-év kedvezőtlen, rossz minőségű szerves anyagot eredményezett tág C/N aránnyal.
8. Tápelemfelvételben általában a PxK kölcsönhatások domináltak. A P, Zn és Mn felvételét döntően a P-ellátás határozta meg. Aratás idején a föld feletti termésbe épült P és Mn mennyisége 71 %-kal haladta meg a kontrollt, míg a Zn felvett mennyisége a P-túlsúlyos parcellákon 45 %-ára zuhant. A kukorica elemigénye 1 t szem + a hozzá tartozó szár képzéséhez az alábbi mennyiséget igényelt: 22 kg N, 12 kg K₂O, 11 kg P₂O₅, 4 kg Ca és 2 kg Mg, 390 g Fe, 76 g Mn, 36 g Zn és 11 g Cu.

9. Az ammoniumlaktát oldható P_2O_5 -tartalmat 120-180, a K_2O tartalmat 200-250 mg/kg fölé sem a termés, sem az ásványi vagy aminosav összetétel, sem a talaj cellulózbontó aktivitásának javítása céljából nem szükséges növelni e talajon.

2.3. 1977. évi eredmények

A 6-leveles hajtás tömegét 1977. 06. 02-án döntően a PxK ellátás határozta meg. A generatív szakaszban, az érés idején viszont már az NxK hatások domináltak: az 1000-mag tömege enyhén emelkedett a javuló N-ellátással, ugyanakkor csökkent a P-túlsúllyal. A szemtermés maximumát az N1P1 szinten kaptuk, a P-túltrágyázás közel 1 t/ha termésvesztéssel járt (12. táblázat). Megemlítjük, hogy míg 1976-ban ugyanez a fajta a trágyázatlan kontroll talajon 4,1 t/ha, addig 1977-ben ugyanott 8,2 t/ha szemtermést adott annak ellenére, hogy az éves csapadékösszegek a két vizsgált évben közelállóak voltak: 1976-ban 576, 1977-ben 522 mm. A tenyésztidőszak alatti IV.-IX.havi összegekben sem lelhető fel érdemi különbség: 1976-ban 312 mm, 1977-ben 256 mm, tehát inkább a "jó" kukoricaév tűnik vízhiányosnak. A téli félév viszont az 1976. évi kukoricának mindössze 192 mm csapadékot tárolt a talajban, míg az 1977. évi állomány 1976. X. - 1977. III. között 328 mm csapadékot kapott.

12. táblázat Műtrágyázás hatása a kukorica termésére, 1977

N,K szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
6-leveles hajtás g/20 növény (06. 02-án)						
K0	10	13	13	12		12
K1	13	21	21	22	6	19
K2	12	24	24	24		21
K3	13	27	31	27		24
Átlag	12	21	22	21	3	19
1000-mag tömege, g (10. 20-án)						
N0	314	314	309	312		312
N1	330	324	320	312	12	321
N2	329	326	316	309		320
N3	329	328	319	311		322
Átlag	326	323	316	311	6	319
Szemtermés t/ha, (10. 20-án)						
N0	8,2	8,3	8,6	7,8		8,2
N1	9,2	9,5	8,5	8,7	0,8	9,0
N2	9,4	9,4	9,4	8,7		9,1
N3	9,2	9,4	9,4	8,2		9,0
Átlag	9,0	9,2	8,8	8,3	0,4	8,8

A szerkezetes csernozjom közismerten tárolja a felső 0-80 cm rétegében a téli csapadékot és ezt a készletet a fejlődő kukorica gyökerei a virágzás idejére jól felhasználhatják. Mindehhez járulhatott, hogy a jó 1977. évben a levegő páratartalma kevésbé volt száraz és forró, a csapadék eloszlása is kedvezőbb volt. Szász (2000) által közölt vízellátottsági térkép adatai szerint az Alföldhöz

hasonlóan Mezőföldet is a kifejezett nyári vízhiány jellemzi. A nyári hónapokban lehulló csapadékösszeg átlagos évben a potenciális párolgás felére tehető. Az aszályos évek olyankor alakulnak ki, amikor a tenyészidőszak előtti tavaszi és téli hónapok is csapadékszegények. Másrészt az aszályt nem csupán a csapadék hiánya okozza, mivel vele együtt jár a légköri szárazság. Utóbbi körülmény súlyosbítja a helyzetet, mert a transzspiráció akár a kétszeresére nőhet a párás légköri viszonyokhoz képest. Különösen a szeles, száraz, forró évben, mint amilyen az 1976. év volt.

Az átlagos morzsolási arány 1977-ben 82 %, a tőszám betakarításkor 58 ezer db/ha, a meddő tövek száma 2 %, a szártermés 5,8 t/ha volt a kezelésektől függetlenül. A golyvás üszög (*Ustilago maydis*) fertőzöttség a N-túlsúllyal emelkedett: N0=1,5 %, N1=4,0 %, N2=6,7 %, N3=6,9 %, SzD_{5%}=1,6 %. Az átlagos fertőzöttség tehát 1/3-a volt az 1976. évben megfigyeltnek, a N-hatás azonban hasonlóképpen jelentkezett. Szártörést vagy megdőlést 1977-ben nem tapasztaltunk. A hajtás tömegéhez hasonlóan az összetételt is (13. táblázat) a P és K ellátás befolyásolta döntően ebben a korban.

13. táblázat P és K műtrágyázás hatása a 6-leveles hajtás összetételére, 1977

Elemek	0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
P hatására (NK átlagai)						
Ca %	0,53	0,56	0,60	0,67	0,04	0,59
P %	0,39	0,52	0,54	0,59	0,03	0,51
Fe ppm	161	192	213	256	23	205
Mn ppm	77	95	110	127	8	102
Zn ppm	27	21	19	18	2	21
Cu ppm	13	13	13	15	1	13
P/Zn arány	144	248	284	328	48	251
K/P arány	9	6	6	5	2	7
K hatására (NP átlagai)						
N %	4,56	4,46	4,32	4,32	0,10	4,42
K %	1,78	2,75	3,80	4,39	0,22	3,18
Ca %	0,70	0,61	0,54	0,52	0,04	0,59
Mg %	0,72	0,57	0,49	0,44	0,08	0,55
Fe ppm	185	200	204	232	23	205
K/Ca arány	2,5	4,5	7,0	8,4	2,2	5,6
K/Mg arány	2,5	4,8	7,8	10,0	2,4	6,3
K/P arány	3,5	5,6	8,2	8,8	1,4	6,5

Bergmann és Neubert (1976): N 3,5-5,0, K 3,0-4,0, Ca 0,3-0,7, Mg 0,2-0,6, P 0,3-0,5 %, Fe 50-250, Mn 30-300, Zn 20-60, B és Cu 5-25 ppm, P/Zn 50-150

A P-trágyázás a Zn kivételével minden elem felvételét javította. A P/Zn aránya jelzi az indukált Zn-hiányt a növekvő P-ellátással. A K-ellátással emelkedett a K és Fe koncentrációja, csökkent az antagonista Ca és Mg kationok mennyisége, ezzel tárgult a K/Ca, K/Mg aránya. A növénydiagnosztikai

határértékek szerint (*Bergmann és Neubert 1976*) a trágyázatlan parcellák hajtása jelentősebb K és mérsékeltebb P hiányát jelezte, összhangban a PK hatásokkal, melyet a hajtás tömege mutatott. Trágyázással nőtt a terméstömeg, ill. a P és K tartalom az 1976. évhez hasonlóan az optimális tartományba került.

Figyelemre méltóak a PxK kölcsönhatások. A K3P0 parcellákon 0,47, míg a P3K0 kezelésben 0,77 % volt a Ca koncentrációja. A Ca %-át az antagonista K érdemben csökkenti, míg a P-ellátás javulásával hasonló mértékű a növekedés. Látványosan változik a K/P aránya a fiatal kukorica hajtásában, tükrözve a KxP ellátás viszonyait. A K/P arány változásának mértéke és iránya gyakorlatilag megegyezik az 1976. évben megfigyelttel. A meszes talajokon gyakori a vashiányos klorózis számos kultúrnövényünkénél, ültetvényekben. Amint látható a Fe hiányát az együttes PK trágyázással csökkenthetjük, a Fe koncentrációja közel megduplázódott a P-ral és K-mal egyaránt jól ellátott talajon. Ez a körülmény annál is jelentősebb lehet, hiszen a vashiány talajon keresztüli trágyázással közismerten nehezen orvosolható, a többszöri kelátos permetezés pedig igen költséges és hatása esetenként csak részleges eredményt adhat. Kísérletünkben a P0K0 parcellákon 156, míg a P3K3 kezelésben 293 ppm Fe koncentrációt mértünk.

A virágzáskori levélanalízis eredményei szerint (*14. táblázat*) a N-trágyázással emelkedett a N, Mg, Mn, Zn és Cu tartalom a szövetekben. A Zn kivételével a P is növelte az elemek koncentrációit. A K-trágyázás igazolhatóan csak a K és a Fe tartalom növekedését eredményezte és a 6-leveles hajtásnál megfigyelttekhez hasonlóan mérsékelte az antagonista Ca és Mg felvételét. A levélanalitikai optimumok szerint ebben a korban a trágyázatlan talajon fejlődött kukorica nem kielégítően ellátott N, P, K elemekben. Az irodalmi összeállítás alapján megadott optimumok (*Kádár 1988*) tehát jól előre jelezték a lehetséges trágyahatásokat. A Zn koncentráció az optimum alsó határán volt. Mivel a P koncentráció is alacsony a kontroll talajon, Zn-hiányról még nem beszélhetünk. A javuló P-ellátással azonban mind az abszolút, mind a relatív Zn-hiány (P/Zn arány eltolódása) ugrásszerűen emelkedik. Erre vezethető vissza a P-túlsúly által kiváltott szemterméscsökkenés az 1996. évhez hasonlóan.

A virágzás kezdetén vagy címerhányáskor vett csó alatti fotoszintetizáló levél érzékenyen jelzi a tápláltsági állapotban beálló változásokat és alkalmas diagnosztikai, szaktanácsadási célokra. Megemlítjük, hogy az NxP kölcsönhatások eredményeképpen a P % 0,23-0,67, a Mn 72-216 ppm, a Cu 13-18 ppm között változott a levélben. Ismeretes, hogy a klorózist Mn-hiány is okozhatja, legtöbbször a Fe-hiánnyal együtt. Az NP trágyázás hatékonyabb Mn-felvételt eredményezhet mindenféle Mn-trágyázásnál. Részben hasonló a helyzet a Cu esetén. A Cu-hiány korrekciója talajon keresztül szinte lehetetlen, gyakran még extrém adagú CuSO₄ trágyák alkalmazása sem vezet a földfeletti növényi részek dúsulásához (*Kádár et al. 2000a*). A Zn tartalma is 13-28 ppm tartományban változott attól függően, hogy egyoldalú P-túlsúlyt vagy egyoldalú N-túlsúlyt idéztünk elő.

A Ca és az Mg %-át az antagonista K adagolásával mérsékelhetjük, ezzel a talaj meszességét, sülevényességét némileg vagy mérhetően korrigálhatjuk. A Fe

koncentrációját akár megkétszerezhetjük az erősebb PK trágyák alkalmazásával és elkerülhetjük a vasklorózis fellépését. Kísérletünkben a P0K0 parcellákon 140, míg a P3K3 parcellákon 320 ppm Fe tartalmat mértünk a címerhányáskori cső alatti levélben.

14. táblázat Műtrágyázás hatása a virágzás elejei levél összetételére, 1977

Elemek		0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
N hatására (PK átlagai)							
N	%	2,39	2,77	2,82	2,80	0,10	2,70
Mg	%	0,49	0,53	0,56	0,58	0,03	0,54
P	%	0,30	0,43	0,49	0,50	0,03	0,43
Mn	ppm	120	157	162	169	11	152
Zn	ppm	16	17	20	20	2	18
Cu	ppm	15	16	16	17	1	16
P hatására (NK átlagai)							
Ca	%	0,84	0,97	0,98	1,02	0,04	0,95
Mg	%	0,45	0,55	0,57	0,59	0,03	0,54
P	%	0,27	0,39	0,50	0,57	0,03	0,43
Fe	ppm	141	180	244	298	18	216
Mn	ppm	88	144	174	197	11	152
Zn	ppm	25	18	16	14	2	18
Cu	ppm	14	16	16	17	1	16
P/Zn arány		108	217	312	407	66	261
K hatására (PK átlagai)							
K	%	1,20	1,59	1,97	2,17	0,07	1,73
Ca	%	1,05	0,97	0,90	0,89	0,04	0,95
Mg	%	0,72	0,58	0,46	0,40	0,03	0,54
Fe	ppm	204	203	222	233	18	216

Optimális összetétel a virágzás kezdetén: N 2,5-3,5, P 0,3-0,5, K 1,5-2,5, Ca 0,2-0,8, Mg 0,2-0,6 %; Fe 20-250, Mn 20-200, Zn 25-100, Cu 5-20, B 5-40, Mo 0,2-1,0 ppm, P/Zn aránya 50-150 (Kádár 1988, irodalmi összeállítás)

A szemtermés N, Mg és Cu felvételét a N-trágyázás, míg a P, K, Fe, Mn felvételt a P-trágyázás serkentette. A Zn koncentrációja közel 1/3-ával csökkent, ill. a P/Zn arány 200 fölé emelkedett a növekvő P-ellátással. A 233-255 közötti P/Zn aránynál a szemtermés igazolhatóan mérséklődött, tehát a kukoricaszemben a 200 feletti, Zn tartalomhoz viszonyított P-túlsúly diagnosztikai határértéket takar. E mutató alkalmas lehet a kukorica termőterületeink Zn-hiányának feltárására és megalapozhatja az okszerű beavatkozást az olcsóbb, talajbani ZnSO₄ kezeléssel (15. táblázat).

15. táblázat N és P műtrágyázás hatása a légszáraz szem összetételére, 1977

Elemek		0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
N hatására (PK átlagai)							
N	%	1,37	1,56	1,59	1,58	0,04	1,52
Mg	%	0,21	0,22	0,22	0,24	0,03	0,22
Cu	ppm	4,30	6,60	7,31	6,60	,60	6,2
P hatására (NK átlagai)							
P	%	0,35	0,45	0,49	0,51	0,05	0,45
K	%	0,36	0,39	0,41	0,43	0,04	0,40
Fe	ppm	41	46	51	59	7	49
Mn	ppm	12	14	14	15	2	14
Zn	ppm	29	22	21	20	3	23
P/Zn arány		121	205	233	255	18	204
N x P hatására (K átlagai)							
N-szintek		P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Cu ppm							
N0		2,8	4,1	5,5	4,8		4,3
N1		5,9	5,9	7,0	7,6	1,2	6,6
N2		6,6	7,6	6,6	8,6		7,3
N3		7,6	5,8	5,8	7,3		6,6
Átlag		5,8	5,9	6,2	7,0	0,6	6,2

A szem Cu tartalma a 15. táblázat adatai szerint akár megkétszerezhető az együttes NP trágyázással. Mindezt azért szükséges hangsúlyozni, mert az e talajon beállított nehézfémterhelési kísérletünkben a 0, 90, 270, 810 kg/ha Cu adag, CuSO₄ formában leszántva, igazolhatóan nem tudta megnövelni a kukorica szemtermésének Cu tartalmát. Érdemben nem vagy alig nőtt a 6-leveles hajtás, a virágzáskori levél és az aratáskori szár Cu koncentrációja. A gyökérben 9 ppm-ről 43 ppm-re emelkedett a Cu készlete, de ez a készlet nem mobilis, nem vándorol a földfeletti szervekbe (Kádár et al. 2000).

A szár mint vegetatív szerv és az ásványi elemek raktára pregnánsan jelzi a növény tápláltsági állapotát és ezen keresztül a talaj tápelemszolgáltatását. A N-hatások eredményeképpen megháromszorozódott a P és Cu, közel kétszeresére nőtt a Mn készlete. A N minden elem felvételét serkentheti, az ilyen általános "hajtó" hatása már régen ismert. A P-hatások a P %-ban a kifejezettek, a szár P-készlete csaknem négyszereződik, de jelentősen nő a Fe, Mn és Cu tartalma is. A Zn felére mérséklődik, a P/Zn aránya pedig csaknem egy nagyságrenddel tágul. A K-hatások már jól ismert K % növekedést és a velejáró Ca, Mg mérséklést jelzik (16. táblázat). Az 1976. évben hasonló jelenséget tapasztaltunk.

16. táblázat Műtrágyázás hatása a légszáraz szár összetételére, 1977

Elemek		0	1	2	3	SzD _{5%}	Átlag
N hatására (PK átlagai)							
N	%	0,50	0,62	0,71	0,72	0,06	0,64
Mg	%	0,33	0,37	0,38	0,40	0,02	0,37
P	%	0,06	0,11	0,15	0,18	0,03	0,11
Mn	ppm	44	61	67	82	7	64
Zn	ppm	5	6	8	10	2	7
Cu	ppm	4	7	9	11	2	8
P hatására (NK átlagai)							
K	%	0,94	0,77	0,76	0,78	0,09	0,81
Ca	%	0,51	0,52	0,54	0,54	0,03	0,53
P	%	0,04	0,10	0,15	0,22	0,03	0,13
Fe	ppm	168	178	216	240	25	201
Mn	ppm	46	56	69	83	7	64
Zn	ppm	13	5	5	6	2	7
Cu	ppm	6	8	8	9	2	8
P/Zn arány		46	200	300	367	72	228
K hatására (NP átlagai)							
K	%	0,53	0,70	0,91	1,11	0,09	0,81
Ca	%	0,58	0,53	0,50	0,49	0,04	0,52
Mg	%	0,40	0,38	0,36	0,33	0,02	0,37
K/Ca arány		0,9	1,3	1,8	2,3	0,4	1,6
K/Mg arány		1,3	1,8	2,5	3,4	0,4	2,2

Bemutatásra érdemesek az NxP kölcsönhatások, hiszen ilyen kísérleti eredményeket korábban legfeljebb tápoldatos kultúrákban tudtunk volna nyerni ill. elképzelni. A szár P %-át a 17. táblázat adatai szerint a P adagolás 2-3-szorosára emelheti. Az NxP kölcsönhatások eredményeképpen azonban a P készlete már 7-8-szorosára nő, ezzel a takarmányértéke is drasztikusan javulhat. Megháromszorozódott a Mn és 4-szeres tartalmat mutat a Cu a kontrollhoz viszonyítva. A szár Zn készlete is 4-szeres változást mutat az extrém és egyoldalú P, ill. N túlsúlya nyomán. A kiegyensúlyozott NPK ellátás tehát az egyéb mezo- és mikroelemek felvételét is szabályozza, ill. a szár takarmányértékét mint az ásványi elemek forrását módosíthatja.

A N-műtrágyázás gyakorlatilag minden elem beépülését segítette (18. táblázat). Bár az N1 szinten kaptunk 9 t/ha maximális szemterméseket, a további N-adagolással a szár luxusfelvétele kifejezetté vált a N, K, P, Mn, Zn, Cu elemekben. A N, P, Zn, Cu nagyobb része a szemben, míg a K, Ca, Fe, Mn tömege a szárban akkumulálódott. A Mg közel fele-fele arányban található a szem-, ill. a szalmatermésben. A 8,8 t/ha szem + 5,8 t/ha szár betakarításkor 171 kg N, 82 kg K (98 kg K₂O), 47 kg P (108 kg P₂O₅), 31 kg Ca, 40 kg Mg, 1-2 kg Fe, 487 g Mn, 243 g Zn és 100 g Cu készlettel rendelkezett átlagosan.

A fajlagos, azaz 1 t tervezett szem és a hozzá tartozó szár elemigénye tehát 19-20 kg N, 9-10 kg K (10-12 kg K₂O), 5 kg P (10-12 kg P₂O₅), 3-4 kg Ca, 4-5 kg Mg, 200 g Fe, 55 g Mn, 28 g Zn, 11 g Cu mennyiséget tehet ki ezen a talajon. A vízhiányos 1976. évben az N, K, Ca, Mg fajlagos értékek átlagosan 10-20, a Zn 32, a Mn 42, míg a Fe 223 %-kal nagyobbak adódtak. Szárazságban a termés csökken és a növényi szövetek betöményednek. A P és a Cu esetén az átlagos fajlagos tartalom lényegében nem tért el egymástól 1976. és 1977. években.

A fajlagos elemtartalmakat a talaj kínálata jelentősen módosíthatja. A szárba épült P mennyisége 8-szorosára nőtt, a Mn készlete megháromszorozódott, a Cu felvett mennyisége közel 7-szeresére emelkedett az együttes NP trágyázással. A talaj Zn kínálata ezzel szemben korlátozott volt a növekvő P-ellátottságú parcellákon, így a szár Zn készlete 1/3-ára süllyedt. A szem ásványi összetétele genetikailag állandóbb, behatárolt, ezért a fajlagos koncentrációkat alapvetően a luxusfelvételt mutató vegetatív növényi rész, a szártermés befolyásolhatja. A fajlagos elemigény számításánál a szaktanácsadás során nem szükséges a luxusfelvétellel szembeni trágyaigényt figyelembe venni, hacsak a minőségi követelmények nem indokolják.

17. táblázat NxP ellátás hatása a légszáraz kukorica szár összetételére, 1977

N szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
P % (K átlagában)						
N0	0,04	0,05	0,06	0,12		0,06
N1	0,03	0,08	0,14	0,19	0,05	0,11
N2	0,04	0,09	0,22	0,24		0,15
N3	0,04	0,15	0,21	0,31		0,18
Átlag	0,04	0,10	0,15	0,22	0,03	0,13
Mn ppm (K átlagai)						
N0	37	38	47	53		44
N1	44	52	65	82	14	61
N2	42	58	79	90		67
N3	60	76	83	108		82
Átlag	46	56	69	83	7	64
Zn ppm (K átlagai)						
N0	8	3	5	5		5
N1	12	4	4	4	4	6
N2	14	5	5	7		8
N3	20	6	5	7		10
Átlag	13	5	5	6	2	7
Cu ppm (K átlagai)						
N0	3	4	3	5		4
N1	6	7	8	9	4	7
N2	7	9	11	9		9
N3	9	11	11	12		11
Átlag	6	8	8	9	2	8

18. táblázat N hatása a kukorica termésébe épült elemek mennyiségére, 1977

Elem jele		N0	N1	N2	N3	SzD _{5%}	Átlag
Szemtermésben (PK átlagai)							
N	kg/ha	113	140	140	142	7	134
K	kg/ha	31	36	38	34	4	35
P	kg/ha	33	42	43	41	3	40
Mg	kg/ha	18	20	20	19	1	19
Fe	g/ha	333	492	454	437	22	429
Zn	g/ha	177	209	207	214	10	202
Mn	g/ha	104	127	131	126	5	122
Cu	g/ha	37	60	64	60	3	55
Szártermésben (PK átlagai)							
N	kg/ha	28	36	40	42	2	37
K	kg/ha	28	41	54	64	3	47
Ca	kg/ha	28	31	30	30	2	30
Mg	kg/ha	18	21	22	23	2	21
P	kg/ha	4	6	8	12	1	7
Mn	g/ha	248	348	384	482	22	365
Zn	g/ha	31	35	44	54	3	41
Cu	g/ha	20	42	53	65	3	45

Megjegyzés: Szemben a Ca átlagosan 1 kg/ha mennyiséget tett ki

Az 1977. évi főbb megállapításainkat az alábbiakban foglaljuk össze:

1. A tenyészidőszakot megelőző csapadékosabb téli félév eredményeképpen, illetve a nyári szárító forró szelek elmaradása következtében 1977. évben a szemtermés megduplázódott 1976-hoz viszonyítva és a trágyázatlan talajon 8,2 t/ha mennyiséget ért el. Az éves ill. a tenyészidőszak alatti csapadékösszegek 1976-ban és 1977. évben érdemben ugyanakkor nem különböztek. A fiatal, 6-leveles hajtás hozamát 1977-ben a PxK ellátás, míg a szemtermés tömegét az NxK ellátás határozta meg. Optimumot az N1P1 szintek, ill. kombinációik jelentették. A P-túltrágyázás Zn-hiányt indukálva 1976-ban 1,4, 1977-ben közel 1,0 t/ha szemterméscsökkenést okozott.
2. A 6-leveles hajtás és a virágzás elején/címerhányáskor vett levél összetétele kielégítően jelezte a növény tápláltsági állapotát. Az irodalomban ajánlott optimumok alkalmasak szaktanácsadási célokra, diagnosztikai információt hordoznak. A 200 feletti P/Zn arány minden növényi szervben Zn-hiányos állapotra utalt.
3. Az NxP kölcsönhatások nyomán erőteljesebben módosítható a kukorica Fe, Mn, Cu tartalma e talajon, mint a közvetlen Fe, Mn vagy Cu talajtrágyázással. A szár luxusfelvétellel reagált a talaj kínálatára és azonos szártömeg mellett a kínálat növelésével a P-készlete 8-szoros, a Cu-készlete 7-szeres, a Mn-készlete

3-szoros növekedést mutatott. A Zn készlet 1/3-ára süllyedt a P-ral jól ellátott parcellákon.

4. A 8,8 t/ha szem + 5,8 t/ha légszáraz szár termése összesen 171 kg N, 82 kg K (98 kg K₂O), 47 kg P 108 kg P₂O₅), 40 kg Mg, 31 kg Ca, 1-2 kg Fe, 0,5 kg Mn, 0,24 kg Zn és 0,1 kg Cu mennyiséget tartalmazott ezen a talajon. Ugyanez a fajta (hibrid) 1976. évben, súlyos vízhiány mellett 4,9 t/ha szemtermést adott és az 1 t szem + a hozzá tartozó szár termésével felvett ún. fajlagos makro elem tartalma 10-20 %-kal haladta meg az 1977. évben mért értékeket. Az átlagos Zn-tartalom 32, Mn 42, Fe 223 %-kal volt nagyobb a száraz évben.

3. Műtrágyázás hatása a burgonyára (*Solanum tuberosum* L.) 1978

3.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A világ számos helyén a burgonya ma is fontos étkezési, takarmány és ipari növény. A fejlett országokban csökkent a közvetlen fogyasztása, inkább feldolgozott formában (chips, burgonyaliszt stb.) igénylik. Takarmányként elsősorban a sertéshizlalásban, ipari nyersanyagként pedig keményítő és alkohol előállításában hasznosul. Vegetatív szaporítása miatt a vetőgumó a termés 10-20 %-át is elhasználhatja. Jelentőségét tekintve vetésterülete alapján (18 millió ha) a 12., össztermése alapján a 6., míg átlagtermése alapján (15,3 t ha-onként) a 3. legfontosabb kultúrnövénynek minősült világviszonylatban 1989-ben *Perrenoud (1993)* szerint.

Az egyes országok közötti eltérések óriásiak az átlagterméseket tekintve, 5-42 t/ha a szórás, a maximumot Hollandia képviseli. A világátlag csak mintegy 1/6-a a terméspotenciálnak, amely 85-100 t/ha gumóhozammal jellemezhető (*Evans 1977*). *Cooke (1981)* említi, hogy Angliában a magas szintű termesztéstechnikát megvalósító ún. "blueprint" rendszerben már elérték 90 t/ha gumótermést kísérleti és üzemi területeken egyaránt. *Jakuskin (1950)* magyarul is megjelent "Növénytermelés" c. könyvében arról tudósít, hogy a volt Szovjetunióban a sztahanovista rekordok már az 1940-es években 90 t/ha gumótermést eredményeztek. A gondos ápolás és az extrém adagú trágyázás nyomán 2-3 kg/tő gumóhozamokat nyertek.

Az érett gumónak átlagosan 25 %-a szárazanyag (döntően keményítő), míg 75 %-a víz. Keményítőben szegény a gumó 13 % alatt, közepesen gazdag 14-17 % között, 18 % feletti keményítőtartalom inkább az ipari célú felhasználásra való. A kisméretű gumók keményítőben, ezzel párhuzamosan szárazanyagban általában gazdagabbak. A késői fajták többet teremnek és gumóikban több keményítőt halmoznak fel. A 120-150 napos hosszabb tenyészidejű burgonyafajták jobb lehetőséget nyújtanak a szárazanyag-gyarapodásra és tápelemfelvételre, ebből adódóan a rövid tenyészidejű fajták a trágyaigényesebbek. A lomb éréskor elszárad és összeomlik. Mivel a gumót takarítjuk be, a gumótermésbe épült és a tábláról elvitt tápelemek mennyisége lehet irányadó a fenntartó, a talaj termékenységét megőrző trágyázás számára (*Becker-Dillingen 1934, Mándy és Csák 1965, Varis 1970, Németh 1974, Perrenoud 1993*).

A régi és az újabbkori irodalom egyaránt hangsúlyozza a burgonya kifejezett tér, oxigén, víz és trágya igényességét. A nagytömegű gumótermés fejlesztéséhez laza talaj szükséges. *Korizmics et al. (1856)* az alábbiakat közlik a Mezei Gazdaság Könyve c. munkájukban: "Minthogy eme növény a mélyen porhanyított talajt szereti, a mélyen felszántott lóherés, lucernás és baltaczimés földben, s a friss gyeptörésben díszlik legjobban. Továbbá a telkesített friss földben, erdő-irtásokban stb., hol a gabona megdőlné, sok szalmát és kevés szemet adna, a

burgonya a leghálásabb növény." Tehát a tápanyagdús, könnyen bomló szerves anyagban és nitrogénben gazdag talajra való, ahol a gabonatermesztés a káros tápanyag (nitrogén) túlsúly miatt veszteséges lehet.

Cserhádi (1901) szerint: "A legjobb burgonyatalaj a mélyrétegű, tápdús, középkött vagy könnyebb minőségű humózus vályog, amely eléggé légjárható és amelynek altalaja vízátbocsátó." Szerinte a homoktalajon kisebb gumók teremnek, de jobban eltarthatók, ízesebbek, több bennük a keményítő, míg tőzegtalajon fordítva. Friss törésben, erdőirtásokban különösen jól terem. A forgóban e növény az istállótrágyázott kapás. A K-igényét az istállótrágya kielégítheti a legtöbb talajon, a P-igényét is, ezért N-műtrágyákat javasol a burgonya alá. Hasonló véleményen van *Bittera (1923)* és *Grábner (1948)* is, bár szerintük az erősebb mérvű istállótrágyázás rontja a burgonya minőségét, eltarthatóságát, csökkenti keményítőtartalmát. *Cserhádi* ezzel szemben a keményítő-hozam döntő szerepét hangsúlyozza a termesztésben, mely a keményítőszázalék csökkenése esetén is nőni fog a bőséges istállótrágyázás nyomán.

Mivel a burgonya gyökérzete csak a talaj felső 50-60 cm rétegét hálózza be érdemben és gyengén fejlett (hiszen nem valódi gyökér, csupán módosult földalatti hajtás), víz- és tápelemigénye különösen kifejezetté válik az intenzív szerves anyag képződés idején, a virágzással kezdődő gumófejlődés során. A hazai országos felvételezések szerint, melyet a MÉM NAK hálózata végzett 1979-ben 20-26 termőhelyen, a burgonya szárazanyag-gyarapodásának közel felét, 47 %-át a virágzás ideje alatt regisztrálták (*Németh és Fridrich 1979, Biczók et al. 1984*).

Az általános vélemény szerint a N-ellátás különösen fontos a lombfejlődés és a gumószám kialakulása számára, tehát a vegetáció első felében. Túlsúlya viszont túlzott vegetatív fejlődést és csökkent betegség-ellenállóságot idézhet elő. Ezenkívül rontja a minőséget, eltarthatóságot, késlelteti az érést. A P-ellátás növelése általában kisebb termésmennyiséggel jár, siettetni az érést, javítja a minőséget, ellensúlyozhatja az egyoldalú N-túlsúly káros következményeit. A burgonya közismerten K-igényes növény. A K-ellátás növeli a gumók tömegét, javítja vízgazdálkodását, minőségét és keményítő %-át. Egyoldalú túlsúlya viszont a N-túlsúlyhoz hasonlóan negatív következményekkel járhat, különösen a KCl forma alkalmazásakor (*Láng 1976, Németh 1973, 1975, Black és White 1973, Prjanisnyikov 1965, Grábner 1948, Radics 1994*).

A minőség a felhasználás céljától függő (étkezési, ipari, vetőgumó) komplex fogalom, mely érintheti a gumó méretét, összetételét, ízét, színét, mechanikai sérüléssel és betegségekkel szembeni érzékenységet, eltarthatóságát, konyhatechnikai feldolgozhatóságát. Étkezési burgonyánál a nagyobb gumóméret előnyös, mert kisebb a hámozási veszteség. A túl kevés keményítő "szappanos" jelleget adhat, míg a keményítőben túl gazdag gumó főzéskor szétesik, lisztesebb. Hámozáskor, vágáskor a gumó elszíneződik. Alapvetően két színeződési reakciót különböztetnek meg: az enzimés vagy nyers, valamint a nem enzimés vagy főzési-sütési színeződést.

A N túlsúlya, ill. a relatív K és P hiánya növeli a redukáló cukrok és az aminosavak mennyiségét. A tirozin aminosav részt vesz a sötét színű növényi festékek képzésében, míg a redukáló cukrok a burgonyaszeletek színeződését befolyásolják. Az enzimikus elszíneződés, a szürkefoltosság, a fenolszerű festékanyagok enzimikus oxidációja nyomán alakul ki. A főtt és a sült burgonyaszeletek barnulását, feketedését elősegíti a redukáló cukrok nagyobb mennyisége. Egyes szerzők szerint a burgonyagumó minőségének, mint a megfelelő keményítőtartalom, íz, eltarthatóság, elszíneződés védelme érdekében célszerű a gumó szárazanyagában K-trágyázással a K tartalmat 2 % fölé növelni (Birkmann 1974, Effmert 1974, Vertregt 1968). Az Osztrák Szaktanácsadó Intézet pl. 2-2.5 % K, ill. 1:1.6=N:K arány optimumokat tart kívánatosnak a gumó szárazanyag-összetételében (ÖDB 1973).

3.2. Anyag és módszer

Növénymintavételre 3 ízben került sor: virágzás kezdetén és végén parcellánként véletlenszerűen kiválasztott 30-30 kifejlett levelet gyűjtöttünk szár nélkül. Betakarításkor parcellánként 6-6 burgonyatövet ástunk ki a lomb és a szár tömegének, valamint összetételének vizsgálatára. A parcellák teljes gumótermését ekével történt kifordítást követően mértük, melyből kb. 10-10 kg-ot a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem Burgonyakutatói Osztályára szállítottunk tárolás és minőségi vizsgálatok céljára. A mintavételezés a nettó parcellák területén történt a belső 6 sor anyagának felhasználásával, a 2-2 szélső védősor elhagyásával.

Az ültetés bakhátas takarótárcsás ültetőgéppel történt 60x40 cm kötésben, 3 t/ha vetőgumó felhasználásával 04. 13-án. Az elméleti tenyészterület 60x40 cm = 0,24 m², elméleti tőszám 41,667 db/ha. A nettó parcella 6 sor x 6 fm = 36 fm x 2,5 db/fm = 90 tövet jelentett. A hűvös tavaszon a kelés elhúzódott 05. 10-ig. A virágzás kezdete 06. 16-án, virágzás vége 07. 27-én volt, szintén elhúzódott. Az időjárás szokatlanul párás, hűvös, esős és fényszegény volt. A csapadék 06. hó folyamán 119, 07. hó folyamán 107 mm-t tett ki. Ezt követően 08. hóban mindössze 10, 09. hóban 31 mm-t mértünk. A tenyészidő alatt, tehát 04-09. hó között, 384 mm eső hullott, ami kedvezőnek mondható a 314 mm sokéves átlaggal szemben. A tenyészidő második felében (a gumóképzés időszakában) viszont száraz, meleg, napfényesre fordult az idő.

A kísérlet módszerét, előzményeit korábbi közleményeink taglalták (Kádár és Elek 1980, 1999, Kádár et al. 1999). A keményítő és a konyhatechnikai minőségi vizsgálatokat az alábbiak szerint végeztük az ATE Burgonyakutatói Osztályán:

Keményítő: Reichmann mérleggel 5 kg mosott és szárított gumót 17 °C-os vízbe merítettük és mértük a minták víz alatti tömegét 4 ismétlésben. A keményítő %-át a Märker-táblázat alapján határoztuk meg 1978. 10. 10-én.

Hússzürkülés: A gumókat homokkal töltött téglába helyeztük, majd 37 cm magasságból 137 g, 3,14 cm² felületű súlyt ejtettünk a gumó csúcsi, köldöki részére és két (hát-has) oldalára. Az ütött részeket jól láthatóan megjelöltük. Egy hét után a gumókat az ütések síkjában kettévágtuk és a szürkülés mértékét 1-9 skálán értékeltük.

Nyers barnulás: Egész gumókat félbevágtunk, a gumó egyik felét nedves szűrőpapírra helyeztük és fóliával takartuk. Az elszíneződést (barnulást) 24 óra eltelte után 1-5 skálán értékeltük.

Sütési barnulás: A hámozott nyers gumóból egyforma méretű hasábokat vágtunk, a hasábokat nedves szűrőpapírra helyeztük és polietilén fóliával takartuk. 24 óra után 180 °C-on 5 percig étkezési olajban sütöttük és az elszíneződést 1-5 skálán értékeltük.

Főzési szürkülés: A hámozott félbevágott nyers gumókat kuktában, a víz forrása után 15 percig gőzben főztük és 24 óra után a szürkülést 1-5 skálán értékeltük.

Pommes frites értékelés: A nyers burgonyahasábokat 5 percre 120 °C-os vízbe merítettük (blansírozás), majd 24 órára mélyhűtőbe helyeztük. Ezt követően 180 °C-os étolajban 3 percig sütöttük és 1-5 skálán bonitáltuk a barnulást és szürkülést az elszíneződés alapján, a grízességet (érdesség), ízt és a vizességet kóstolás alapján, valamint a konzisztenciát töréspróba alapján.

3.3. Termés, minőség és eltarthatóság

A konyhatechnikai vizsgálatokat 1978. 10. 25-én végeztük el 10-10 átlagos gumó felhasználásával kezelésként, tehát 640-640 adattal jellemezve egy-egy tulajdonságot. A kezeléskénti bonitálási minták tendenciákat jelezhetnek a konyhatechnikai minőség változásában, a tápláltság függvényében.

A bonitálások adatai szerint a zöld lomb fejlődését virágzásban elsősorban a N-ellátás serkentette, de az igen jól fejlett állományt csak a K-mal is ellátott talajon kaptuk. Fontosnak bizonyult tehát a kiegyensúlyozott NxK ellátás. Virágzás végén a N-hiányos és a K-hiányos parcellák növényei gyorsabb érést mutattak és a leveleken megjelentek a rozsdaszerű alternáriás foltok. A bőséges és kiegyensúlyozott NxK trágyázás ugyanakkor fiatal, dús, élénkzöld egészséges lombot eredményezett. Betakarítás előtt, 09. 07-én különösen szembetűnő volt a gyors lombelszáradás az NK-hiányos növényeken, ill. az érés elhúzódása a NK-túlsúly nyomán.

Az NK-trágyázott talajon a P-trágyázás is igazolhatóan növelte a lomb tömegét ezen a P-ral viszonylag gyengén ellátott csernozjomon, különösen a korai fejlődés időszakában. Később a P-hatások mérséklődtek, a burgonya lassan, ill. többé-kevésbé kielégítette P-igényét a trágyázatlan talajon is. Az alternáriás foltok gyakoriságát, a levelek előregedését, a burgonya érését a P-túlsúly elősegítette. A P és a N, ill. a P és a K hatása tehát ellentétes lehet, így részben kiegyenlíthetik egymás kedvezőtlen élettani befolyását. A mérsékelt P-trágyázással javult a tövenkénti gumószám mintegy 10, a gumósúly 12, a tövenkénti gumóhozam 24 %-kal. A ha-onkénti gumótermés többlete 5 t-át tett ki. A keményítőtartalom nem jelentősen (0,5 %-kal) de igazolhatóan csökkent, így a keményítőhozam mintegy 20 %-kal emelkedett. Ez a többlet azonban statisztikailag nem volt igazolható. A P-ellátás hatását a burgonya fejlődésére és termésére a 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat P-ellátás hatása a Desiré burgonya lombra és gumóra, 1978

Jellemzők	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Lomb vizsgálata (NK kezelések átlagában)						
Bonitálás ¹	1,9	3,0	3,4	3,6	0,4	3,0
Bonitálás ²	2,8	3,7	3,7	3,7	0,4	3,5
Bonitálás ³	1,6	2,3	2,6	2,8	0,5	2,3
Bonitálás ⁴	2,3	2,5	2,8	2,8	0,8	2,6
Gumó vizsgálata (NK kezelések átlagában)						
Gumó db/tő	2,46	2,62	2,76	2,73	0,3	2,64
Gumó g/db	223	256	242	250	26	242
Gumó g/tő	549	672	667	683	60	645
Termés t/ha	20,1	24,6	24,4	25,0	1,3	23,6
Keményítő %	17,6	17,3	17,1	17,1	0,4	17,3
Keményítő t/ha	3,54	4,26	4,17	4,27	1,1	4,08

¹06. 23-án teljes virágzásban, ²07. 27-én virágzás végén, ³07.27-én alternáriás levélfoltosságra, ⁴09. 07-én lombelszáradásra

A tövenkénti gumószámot a N és K ellátás hasonló mértékben növelte, együttes hatásuk eredményeképpen ez a mutató átlagosan 50 %-kal emelkedett. Az adott fajtánál és évben kevés, mindössze 2-3 gumó képződött tövenként. A gumók tömege viszont 200-300 g/db között ingadozott, nagyméretű gumók fejlődtek. A N és K ellátással igazolhatóan és lényegében azonos mértékben nőtt a gumók súlya is, együttes hatásuk eredményeképpen mintegy 25-30 %-kal. E két terméselem változása nyomán a tövenkénti gumósúly már 75-80 %-os többletet mutatott, a 448 g-ról 814 g-ra emelkedett (2. táblázat).

2. táblázat N és K kezelések hatása burgonyára betakarításkor, 1978

Vizsgált jellemzők	N és K ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N-ellátottsági szinteken						
Gumó db/tő	2,4	2,7	2,7	2,8	0,3	2,7
Gumósúly g/db	216	241	254	257	26	242
Gumósúly g/tő	525	645	683	721	60	645
Gumó t/ha	19,2	23,6	25,0	26,4	1,3	23,6
Keményítő %	17,3	17,4	17,2	17,2	0,4	17,3
Keményítő t/ha	3,32	4,11	4,30	4,54	1,1	4,08
K-ellátottsági szinteken						
Gumó db/tő	2,3	2,6	2,9	2,8	0,3	2,7
Gumósúly g/db	225	243	241	260	26	242
Gumósúly g/tő	519	639	694	721	60	645
Gumó t/ha	19,0	23,4	25,4	26,4	1,3	23,6
Keményítő %	16,1	17,4	17,8	17,7	0,4	17,3
Keményítő t/ha	3,06	4,07	4,52	4,67	1,1	4,08

A gumótermés átlagosan 26 % légszáraz anyagot tartalmazott, ami igazolhatóan nem változott az NPK kezelések függvényében. A lombtermésben virágzás elején 13-15, virágzás végén 15-20, betakarítás előtt 19-29 % légszáraz anyag volt kimutatható a kezelések függvényében. A maximális légszáraz anyagot az egyoldalú P-túlsúlyok és az abszolút kontroll parcellák növényei mutatták. Itt a lomb ritkább volt és gyorsan elsárgult, összeomlott. A bőséges NK kezeléssel a lomb fiatal, vízben gazdagabb és fejlettebb maradt.

A hektáronkénti gumótermés látványosan 16-ról kerekén 30 t/ha-ra nőtt az NxK ellátás javulásával. A keményítő tartalma nem változott a N-ellátás függvényében, a K-trágyázás viszont igazolható 1.5 %-os növekedéshez vezetett. A keményítő ha-onkénti hozamát az együttes NK-műtrágyázás megkészserezte. A burgonya tehát meghálálta a talaj eredeti K0 (közepes) ellátottsági szintjének jó (K2) ellátottsági szintre való emelését, valamint az évente adott 100-200 kg/ha N adagját. A túlzott N3K3 ellátottság már gazdaságtalannak tekinthető, hisz érdemi termés- vagy keményítőhozam többleteket már nem eredményezett (2. táblázat).

A burgonya rendkívül trágyaigényes növényünk, termésnövekedést még az extrém N3P3K3 kezelés, a maximális adag sem eredményezett. Sőt, itt kaptuk a legkedvezőbb termésmutatókat, melyeket az 3. táblázatban tanulmányozhatunk. Az abszolút kontroll N0P0K0, valamint az N3P3K3 kezelés az extrém tápelemhiányt és az extrém tápelemtúlsúlyt állítja szembe, hiszen a 64-64 kezelés bemutatására hely hiányában nincs lehetőségünk. A két végletes tápláltsági szituáció látványosan tükröződött a lomb fejlettségi állapotán, a virágzáskori alternáriás levélfoltosság és az éréskori lombelszáradás mértékén, valamint a lombtermés tömegén és légszáraz-anyag tartalmán.

3. táblázat Az extrém tápelemhiány és -túlsúly hatásvizsgálata, 1978

Vizsgált jellemzők	N0P0K0	N3P3K3
Bonitálás lombfejlettségre 06. 23-án	1,0	5,0
Bonitálás lombfejlettségre 07. 27-én	1,5	5,0
Bonitálás levélfoltosságra 07. 27-én	3,0	1,0
Bonitálás lombelszáradásra 09. 07-én	1,0	4,5
Friss lombtermés 09. 14-én, t/ha	3,5	8,5
Légszáraz lombtermés 09. 14-én, t/ha	1,0	1,6
Légszáraz anyag %-a 09. 14-én	29	19
Gumótermés t/ha	13,4	32,6
Keményítő %	15,9	18,0
Keményítő hozam t/ha	2,1	5,9
Gumó db/tő	1,9	3,8
Gumó g/db	194	233
Gumó g/tő	366	891
Gumó + lomb hozam, friss, t/ha	16,9	41,1
Gumó + lomb hozam, légszáraz, t/ha	4,6	9,5

A trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva az együttes és maximális NPK trágyázás 19,2 t/ha gumó terméstöbbletet, 2,1 % keményítőtartalom növekedést és 3,8 t/ha keményítőhozamot eredményezett. Megkétszerezte a tövenkénti gumószámot, növelte a gumók tömegét és 2,5-szeresére emelte a tövenkénti gumósúlyt. A betakarításkori teljes friss biomassa (gumó+lomb) 17-ről 41 t/ha-ra, míg a légszáraz anyag tömege 4,6 t/ha-ról 9,5 t/ha-ra nőtt. Ezen a jól pufferolt meszes vályog talajon a burgonyát 1978-ban nem lehetett túltrágyázni, termésnövekedést indukálva műtrágyázással. Hatékonysági, gazdaságossági szempontból természetesen az N3, P2 és P3, ill. K3 ellátottsági szintek túltrágyázásnak minősíthetők. Az NxPxK kölcsönhatások részletesen a 4. táblázatban tanulmányozhatók.

4. táblázat Műtrágyázás hatása a gumótermésre (q/ha), 1978

NP-szintek	K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
N0P0	134	174	189	195		172
N1P0	168	202	221	222	51	203
N2P0	162	219	235	227		211
N3P0	200	206	224	241		218
Átlag	166	200	218	221	25	201
N0P1	156	212	202	210		195
N1P1	189	240	254	277	51	240
N2P1	223	265	304	292		271
N3P1	234	244	315	314		277
Átlag	201	240	269	273	25	246
N0P2	172	212	199	207		198
N1P2	224	235	267	277	51	251
N2P2	185	227	279	304		249
N3P2	206	300	286	311		276
Átlag	197	244	258	275	25	244
N0P3	193	188	196	227		201
N1P3	183	239	280	282	51	246
N2P3	195	274	302	303		269
N3P3	208	288	318	326		285
Átlag	195	248	274	285	25	250
P-kezelések átlagában						
N0	164	197	195	210		192
N1	191	233	256	265	25	236
N2	191	246	280	282		250
N3	212	260	286	298		264
Átlag	190	233	255	264	13	236

A tápelemellátás érdemi változásokat nem okozott a konyhatechnikai minőségi tulajdonságokban, így azokat informatív jelleggel a P-szintek

függvényében mutatjuk be. E vizsgálatokkal szemben felhozható, hogy a minősítés szubjektív, hiszen a vizsgáló személy ítéletein alapulnak (szín, íz, állapotváltozás). Mivel ugyanazon gyakorlott személy minősíti a kísérlet egészét, a kezeléskülönbségeket képes többé-kevésbé objektíven észlelni. A vizsgálatok módszere nemzetközileg is elfogadott. A kapott bonitálási adatokat statisztikai elemzésnek nem vethettük alá, mert ismétlés nélkül, kezelésenként kivett 10-10 átlagos gumó bonitálásán alapultak. Az N, P vagy K főátlagok adatai a 64 kezelés, azaz 640 gumó átlagadatait reprezentálják, tehát az eredmények 160-160 gumó minősítésének átlagait jelentik, így meggyőző erejük kifejezettebb.

A mechanikai sérüléssel együtt járó káros elszíneződést (nyers hússzürkülést) beparásítás előtt és után is teszteltük. Ezzel a gépesített burgonyatermesztés illetően nemkívánatos hatása szimulálható. A bemutatott adatok szerint a Desirée azon fajták közé tartozik, melyek kevésbé hajlamosak a nyersszürkülésre és ezt a hajlamot a vizsgált tápelemekkel való ellátottság sem befolyásolta. A vágástesztek némileg kedvezőbb értékeket mutattak beparásítást követően. A biológiailag teljesen érett gumó a betakarítást követő néhány hét alatt védő pararéteget képez és héja megvastagodik. A túl korai felszedés a sérülékenységet és ezzel a hússzürkülést növelheti tehát némileg e fajtánál is, ill. érett állapotban betakarítva kevésbé sérülékeny és jobban tárolható anyagot kapunk.

A félbevágott gumók nyers (enzimes) barnulása közepes elszíneződést mutatott és a nemkívánatos elszíneződés tendenciájában csökkent a növekvő P-ellátással. A nem enzimes elszíneződések (sütési barnulás, főzési szürkülés) 80 °C felett alakulnak ki, ahol már enzimes reakcióról nem beszélhetünk. Okként alapvetően a redukáló cukrok karamellizációja, ill. reakcióképes aminosavak jelenléte említhető. A Desirée fajtánál ilyen elszíneződést nem tapasztaltunk a tápláltság függvényében és a minőség kedvező maradt. A félkész hasábburgonya (pommes frites) elszíneződése, íze, grízessége, konzisztenciája szintén kedvező minőséget mutatott és nem romlott a tápláltság függvényében. A 190 napos tárolás után a burgonya apadási vesztesége 2,5 %-ot tett ki és nem változott a trágázás függvényében. A 210 napos tárolás után mért sütési barnulás már romlott, közepes minőséget mutatott a friss gumóhoz képest. A K-ellátással 0,5 egységet javult ez a minőségi mutató.

3.4. Talajvizsgálati eredmények

A betakarítást követő talajelemzések szerint a könnyen oldható PK-tartalmak az évek múlásával tovább süllyedtek, a P és a K kevésbé oldható formákká alakult a talajban. A burgonya P-igényét már a közepes P1 ellátottsági szint kielégítette, mely e talajon 110-120 ppm AL-P₂O₅, ill. 25-30 ppm NaHCO₃-P₂O₅ tartalomnak felelhet meg. A K-többletek (gumó, keményítőhozam) a K2-szintig jelentkeztek, tehát a kielégítő ellátottságot a 150-200 ppm AL- K₂O, ill. NH₄-acetát-oldható K₂O tartalom jelentheti. Az 5. táblázatban közölt adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.

Tanulással szolgálhat az 1:50 arányú vizes kivonat analízis eredménye. Ez a frakció a potenciálisan talajoldatba kerülő, a növény számára közvetlenül felvehető elemek mennyiségéről ad információt.

5. táblázat A könnyen oldható elemtartalom változása a szántott rétegben

Mintavétel éve	P-, ill. K-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
AL-P ₂ O ₅ ppm (P-hatására)						
1974	57	189	360	532	49	284
1976	65	123	190	290	22	167
1978	62	112	173	264	12	153
NaHCO ₃ - P ₂ O ₅ ppm (P-hatására)						
1974	12	83	193	316	20	151
1976	16	44	72	123	10	64
1978	8	26	51	84	5	42
AL-K ₂ O ppm (K-hatására)						
1974	133	193	289	394	19	252
1976	143	178	212	268	18	200
1978	124	140	168	208	13	160
NH ₄ -acetát K ₂ O ppm (K-hatására)						
1978	132	154	186	228	12	175

Az AL-oldható Ca 8120, Mg 868, Mn 254, Fe 40, Na 16, Zn 1,6, Cu 0,8 ppm; az NH₄-acetát kicserélhető Ca 4770, Mg 190 ppm koncentrációt mutatott átlagosan.

A 6. táblázat adatai szerint a vízdíszítő P-tartalom akár 40-szeres különbséget mutathat az NxP ellátás nyomán. A növekvő N-ellátás nagyobb terméseket és P-felvételeket eredményezett az elmúlt években, így a talaj vízdíszítő P-készlete lecsökkent. Az 1973 őszi végzett feltöltő P-trágyázás viszont e készletet átlagosan 8-szorosára növelte. A talaj vízdíszítő K-készlete hasonló irányú, de kevésbé kifejezett változásokat tükröz, hiszen az eredeti készlet csaknem egy nagyságrenddel nagyobb és a talaj jól puffertalt vályog. A növekvő N-trágyázással nőhet a talaj Ca-formáinak oldódása és későbbi kilúgítása a talajban Ca (NO₃)₂ formájában. Hasonlóképpen viselkedik a Mg, míg a Na gyors korábbi távozása feltehetően NaCl formájában történt, melyet a N-műtrágyázás elősegíthetett.

Az EUF módszer szintén használatos a hazai szaktanácsadási gyakorlatban, elsősorban a cukorrépa termesztésében. A szántott rétegben kismérvű EUF NO₃+NO₂-N dúsulás volt nyomon követhető a N-trágyázás függvényében. Az I-VII. frakciók összege 7-18 ppm mennyiségeket jelzett, mely 21-54 kg/ha felvehető N-készletnek felelhet meg. Mivel mélyebb rétegeket nem érintett a mintavétel, a szaktanácsadás számára következtetések nem vonhatók le. Az EUF-P₂O₅ frakciók jól jellemezték a talaj P-állapotát. A burgonya számára "kielégítő" EUF-P₂O₅ tartalom 20-30 ppm körüli az I-VII. frakció összegét tekintve, mely az 1:50 vizes kivonat P₂O₅ koncentrációjának mintegy a 2-szeresét teheti ki. Hasonló a helyzet a K esetében. A burgonya "kielégítő" EUF-K₂O tartalma 130 ppm körüli az I-VII. frakció összegét figyelembe véve, míg az 1:50 vizes kivonatban ez az érték 50-60 ppm. A vizsgálatokat a tanakajdi labor végezte. Az adatok részletes bemutatásától ezúton eltekintünk.

6. táblázat A talaj 1:50 vizeskivonat elemzés eredménye a szántott rétegben, 1978

PK-szintek	N0	N1	N2	N3	SzD _{5%}	Átlag
H₂O-P₂O₅ ppm						
P0	7	8	4	1		5
P1	16	15	9	11	4	13
P2	28	26	19	23		24
P3	45	36	38	41		40
Átlag	24	21	17	19	2	20
H₂O-K₂O ppm						
K0	42	40	38	34		38
K1	48	44	45	42	10	45
K2	56	61	62	46		56
K3	81	73	70	62		72
Átlag	57	54	54	46	5	53
H₂O-Ca ppm						
Átlag	290	319	392	420	43	355
H₂O-Mg ppm						
Átlag	19	19	24	23	3	21
H₂O-Na ppm						
Átlag	18	15	16	12	3	15

Főbb megállapításaink:

1. A lomb fejlődését döntően az együttes NK trágyázás serkentette. Az egyoldalú P-trágyázás ugyanakkor gyorsította a lomb előregedését és az alternáriás fertőzés megjelenését, ellensúlyozta az NK trágyák ellentétes irányú hatását. Az NK ellátás javulásával 50 %-kal nőtt a gumószám, 25-30 %-kal a gumók átlagos tömege és közel megduplázódott a ha-onkénti gumótermés. A keményítő %-át a K-trágyázás 1,5 %-kal emelte.
2. Konyhatechnikai minőségi jellemzők (nyers szürkülés és barnulás; sütési barnulás és főzési szürkülés; pommés frites sütési barnulás, főzési szürkülés, grízesség, víztartalom, konzisztencia és ízesség) érdemben nem változtak a tápláltság függvényében és a fajtára jellemző kedvező képet mutatták. Nem lehetett különbséget kimutatni a 190 napos tárolás nyomán mért apadási veszteségekben sem a kezelésektől függően.
3. Talajvizsgálataink szerint a burgonya “kielégítő” P-ellátottságát 110-120 ppm ammonlaktát oldható P₂O₅, ill. 25-30 ppm NaHCO₃-oldható P₂O₅ tartalom jellemezte. A “kielégítő” K-ellátottság 150-200 ppm ammonlaktát-K₂O, ill. NH₄-acetát-K₂O koncentrációnál volt mérhető, ahol a K-hatások megszűntek. Az 1:50 vizes kivonatok elemzése alapján a “kielégítő” P-tartalom a szántott rétegben 10-20 ppm P₂O₅, a “kielégítő” K-tartalom 50-60 ppm K₂O. Az I-VII. EUF-frakciók összege a “kielégítő” ellátottságot az alábbi koncentrációkkal jellemezte: EUF- P₂O₅ 20-30 ppm, EUF-K₂O 130-140 ppm.

3.5. Elemtartalom és elemfelvétel

A burgonya tápelemfelvételében meghatározónak tekintik a kálium szerepét, melynek mennyisége 1,5-szerese lehet a nitrogénnek, 4-5-szöröse a foszforénak. Az egyéb elemek mint a Ca, Mg, S mikroelemek felvétele lényegesen kisebb mennyiséggel jellemezhető. A hazai és külföldi irodalmi források szerint a fajlagos, azaz 1 t gumó a hozzá tartozó lombterméssel együtt 4,0-5,3 kg N, 1,2-2,0 kg P₂O₅, 6-10 kg K₂O, 2,7-3,2 kg CaO, 1-2 kg MgO, 50-160 g Fe, 16-21 g Mn, 8-55 g Zn, 4-22 g Cu, 2-3 g B, 0,1-0,2 g Mo elemet tartalmazhat (*Becker-Dillingen 1934, Jakuskin 1950, Mándy és Csák 1965, Láng 1976, Biczók et al. 1984, MÉM NAK 1979, Antal 1987, Perrenoud 1993*) stb.

Mivel napjainkban a lombtermés a talajon marad ill. csak a gumót takarítjuk be, a talajtermékenység megőrzése és a trágyázási szaktanácsadás számára a gumótermésbe épült elemek mennyisége lehet irányadó. Az 1 t friss gumóban 2,8-3,0 kg N, 0,7-1,2 kg P₂O₅, 4,6-6,3 kg K₂O, 0,1-0,2 kg CaO, 0,2-0,3 kg MgO, 10-30 g Fe, 5-15 g Zn, 3-4 g Mn, 1-2 g B és Cu mennyiséggel számolnak. Az adatokból látható, hogy a főbb tápelemek mint a N, P, K átlagosan 1/3-a a lombban található, míg a Ca és Mg, ill. némely mikroelem esetén a felvétel akár 9/10-ét is a lomb adhatja.

A nagyobb termések elemigénye óriási lehet, különösen ami a káliumot illeti. *Perrenoud (1993)* szerint Angliában az ún. "blueprint" rendszerben 78 t/ha gumó + a hozzá tartozó lombterméssel 350 kg N, 95 kg P₂O₅, 450 kg K₂O felvételt mértek ha-onként. Braziliában kapott maximumok 102-166 kg N, 30-62 kg P₂O₅, 207-307 kg K₂O, 37-80 kg CaO, 16-25 kg MgO, 17-38 kg S mennyiségeket jeleztek. Termésszinteket a szerző nem említ. *Loué 1977-es* közlése szerint (*In: Perrenoud 1993*) a 37,3 t/ha átlagos gumótermésben az alábbi elemmennyiségeket találták Franciaországban, lombtermés nélkül: 113 kg N, 45 kg P₂O₅, 196 kg K₂O, 7 kg CaO, 13 kg MgO.

Kunkel et al. (1973) arról tudósít, hogy 1 t gumó 3 kg N, 0,7 kg P₂O₅, 4,4 kg K₂O, 0,08 kg CaO, 0,25 kg MgO felvétellel jellemezhető az Egyesült Államok burgonyatermő vidékein. A szerzők nem találtak lényeges különbséget az egyes fajták elemösszetétele között. Megállapításaink szerint a gumó összetétele jobban függhet a tenyészidő hosszától, mint a kezeléstől. A túltrágyázással létrehozott luxuskínálat a vegetatív földfeletti részben, a lomb luxusfelvételében tükröződik, míg a gumó elemtartalma állandóbb.

A burgonya kiegyensúlyozott tápelemellátását a tenyészidő folyamán is biztosítani kell, mert a talaj gyakran nem képes a nagymérvű elemigény kielégítésére. Emiatt világszerte elterjedt a levélanalízis módszere, mely képes a tápelemhiányokat jelezni és adatai iránymutatóul szolgálnak a kiegészítő levéltrágyák, fejtrágyák megválasztásához, ill. a termőhely tápelemszolgáltatásának megítéléséhez. A növény összetétele, tápláltsági állapota nemcsak a terméslehetőségeket határolja be, hanem befolyásolhatja a betegségekkel szembeni viselkedését, minőségét és tárolhatóságát is. A gyakrabban

idézett irodalmi források szerint a burgonya teljesen kifejlett felső levelei virágzás elején 6-9 % K, 6-6,5 % N, 0,4-0,6 % P_2O_5 , 0,7-3,0 % Ca, 0,2-1,0 % Mg, 60-300 ppm Fe, 50-300 ppm Mn, 30-90 ppm Zn, 20-50 ppm B, 5-30 ppm Cu koncentrációt mutatnak a szárazanyagban, kielégítő ellátottságon (Neubert et al. 1970, Bergmann és Neubert 1976, Bergmann 1988).

A burgonya levele és gumótermése egyaránt vegetatív növényi szövet jelent, ezért extrém módon képesek jelezni a tápelemkínálatot. Különösen igaz mindez homoktalajon, ahol a tápelemek/trágyák lekötődése kevésbé kifejezett. A MÉM NAK 1979. évi vizsgálatai során a 20 termőhelyen vett virágzás elejei levelek összetétele az alábbi szélső koncentrációkat mutatta (Biczók et al. 1984): 2-11 % K, 2,4-5,0 % N, 0,18-0,79 % P, 1,2-2,5 % Ca, 0,3-1,1 % Mg, 165-4624 ppm Fe, 79-260 ppm Mn, 24-81 ppm Zn, 15-42 ppm B, 9-39 ppm Cu. A maximum koncentrációk nyírségi savanyú homokon, erősen műtrágyázott termőhelyeken jelentkeztek. A csapadékosabb, párásabb 1978.évben 30-50 %-kal alacsonyabb N, P és K tartalmakat, valamint átlagosan több száz %-kal nagyobb Fe koncentrációkat mértek ugyanezen termőhelyeken országosan és a Nyírségben.

Vajon mennyire változékony összetételét tekintve a gumótermés? A már említett MÉM NAK 1979. évi vizsgálataiban a K 1,7-3,4 %, N 0,9-2,5 %, P 0,24-0,55 %, Ca 0,02-0,23 %, Mg 0,08-0,15 %, Fe 48-335 ppm, Mn 5-53 ppm, Zn 12-46 ppm, Cu 5-22 ppm, B 4-11 ppm minimum-maximum értéket mutatott a szárazanyagban. A termőhelyi hatások tehát itt is kifejezettek, bár elemenként eltérő mértékben. Szélsőséges különbségeket a Ca, Fe, Mn mutat, hiszen az eltérések jószereivel egy nagyságrendbeliek. Megemlítjük, hogy a csapadékosabb 1978.évben 30-50 %-kal alacsonyabb N, P és K koncentrációkat kaptak a nyírségi termőhelyek átlagában (Biczók et al. 1984).

Amint a 7. táblázatból kitűnik, a N-ellátás általában érdemben módosította a burgonya N, K, Fe és Mn koncentrációit. A N %-a látványosan emelkedett a levélben, különösen a virágzás vége stádiumban, míg a gumóban szignifikáns változás nem igazolható. A táblázat lábjegyzetében feltüntettük a N-szinteken kapott gumóterméseket, melyekből látható, hogy 100 kg/ha/év N-adag felett e talajon a N-hatások erősen lecsökkennek, a N-adagolás gazdaságtalanná válik. A burgonya kielégítő N-ellátottságát tehát a virágzás kezdetén 4,5-5,0 %, virágzás végén 3,5-4,0 %, betakarítás előtt 1,5-2,0 % N-tartalom jellemezheti a levélben, ill. 1,7-1,8 % a légszáraz gumóban e talajokon. A táblázat adatai szerint a javuló N-ellátással mérséklődött a K koncentrációja. Ez a hígulás nőtt a korrallal: a virágzás kezdetén mintegy 10 % körüli, míg a tenyészidő végéhez közeledve átlagosan 20-30 %. A Fe esetében a hígulás 30-50 % közötti, erősebben megnyilvánult, míg a Mn koncentrációkban a hígulás nem volt kifejezett és esetenként statisztikailag sem volt igazolható.

A N és K %-ok az irodalmi "optimumok" alatt maradtak, a Mn koncentrációja "kielégítő" ellátottsági tartományt jelzett, míg a Fe tartalma csaknem nagyságrenddel haladta meg az irodalomban közölt átlagos és "kielégítő" koncentrációkat, mely virágzás elején 60-300 ppm pl. Bergmann (1988) szerint. Megemlítjük, hogy 1978-ban hasonlóan szélsőséges nagy Fe koncentrációkat mért

Németh és Fridrich (1979), valamint Biczók et al. (1984) Magyarországon a MÉM NAK országos mintavételei során. Az extrém Fe-felvétel a virágzáskori csapadékos időjárással, a talajbani redukciós viszonyok kialakulásával, oldhatóbb Fe-vegyületek képződésével magyarázható. A növények ugyanis elsősorban a redukált kétvegyértékű Fe^{++} felvételére képesek.

7.táblázat N-ellátottság hatása a légszáraz burgonya elemtartalmára, 1978

Növényi rész	N-adag évente kg/ha				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N %						
Lomb ¹	4,27	4,70	4,75	4,94	0,15	4,66
Lomb ²	2,76	3,25	3,93	4,34	0,13	3,57
Lomb ³	1,31	1,41	1,88	1,92	0,11	1,63
Gumó ³	1,75	1,76	1,80	1,77	0,15	1,77
K %						
Lomb ¹	3,55	3,33	3,30	3,21	0,15	3,34
Lomb ²	2,40	2,08	1,94	2,04	0,15	2,11
Lomb ³	1,28	0,89	0,88	0,92	0,20	1,00
Gumó ³	1,68	1,47	1,40	1,38	0,07	1,48
Fe ppm						
Lomb ¹	1799	1199	1407	1380	280	1447
Lomb ²	2770	2460	2260	2240	307	2440
Lomb ³	2212	1549	1652	1349	420	1691
Gumó ³	83	61	75	62	12	70
Mn ppm						
Lomb ¹	116	105	104	109	10	108
Lomb ²	87	84	76	73	6	80
Lomb ³	167	141	146	144	16	150
Gumó ³	7	6	6	7	1	6

¹Virágzás kezdetén 06. 16-án, ²Virágzás végén 07.27-én, ³Betakarításkor 09. 14-én
Gumótermés: N0=19,2, N100=23,6, N200=25,0, N300=26,4 t/ha, SzD_{5%}=1,3

Az AL-P₂O₅ tartalom 62 és 264 mg/kg között változott a szántott rétegben. A P-ellátás javulásával látványosan emelkedett a P és mérsékeltebben a Ca %-a, míg a Zn és Cu koncentrációk csökkentek. A gumótermés a P1 szintig nőtt, tehát a burgonya “kielégítő” P-ellátottságát a virágzás kezdetén 0,40-0,50 %, a virágzás végén 0,25-0,30 % P-tartalom jellemezheti a légszáraz gumóban. A Ca %-a nőtt az előregedő lombban és e meszes talajon jelentősen meghaladta az irodalmi “optimumot”. A Zn koncentrációk a kívánatos irodalmi optimum alá süllyedtek virágzáskor a levélben és a gumóban egyaránt, abszolút Zn-hiányt mutatva. A Cu-tartalom csökkenése azonban még nem jelzett Cu-hiányt ezen a rézzel kielégítően ellátott talajon (8. táblázat).

Az AL-K₂O tartalom 124-208 mg/kg között változott a szántott rétegben. A K-ellátás javulásával nőtt a burgonya K %-a, valamint mérséklődött a N és a Ca és Mg kationok koncentrációja. A gumótermés a K2 szintig szignifikánsan

emelkedett, tehát a burgonya “kielégítő” K ellátottságát a virágzás kezdetén 3,0-4,0 %, a virágzás végén 2,0-3,0 %, betakarítás előtt 1,0-1,5 % K-tartalom jelezheti a lombban, ill. 1,5-2,0 % a légszáraz gumóban. Megemlítjük, hogy a keményítő 16,1 %-ról 17,8 %-ra emelkedett a K2 szinten, elérve maximumát. A K-mal közepesen ellátott vályog csernozjom nem volt képes a burgonya őrési K-felvételét kielégíteni a gumóképződés idején, így a K0 parcellákon az előregedő lomb K-tartalma 1/3-ára zuhant (9. táblázat).

8. táblázat P-ellátás hatása a légszáraz burgonya elemtartalmára, 1978

Növényi rész	NH ₄ -laktát oldható P ₂ O ₅ mg/kg talajban				SzD _{5%}	Átlag
	62	112	173	264	12	153
P %						
Lomb ¹	0,32	0,42	0,48	0,60	0,04	0,45
Lomb ²	0,21	0,27	0,30	0,34	0,02	0,28
Lomb ³	0,11	0,14	0,15	0,18	0,02	0,14
Gumó ³	0,22	0,29	0,31	0,33	0,03	0,29
Ca %						
Lomb ¹	1,76	2,20	2,26	2,31	,08	2,13
Lomb ²	3,31	3,52	3,57	3,61	,10	3,50
Lomb ³	3,10	3,21	3,27	3,37	,21	3,24
Gumó ³	0,30	0,32	0,33	0,33	,03	0,32
Zn ppm						
Lomb ¹	25	23	20	19	4	21
Lomb ²	25	14	13	13	2	16
Lomb ³	29	29	22	18	5	24
Gumó ³	20	18	15	15	2	17
Cu ppm						
Lomb ¹	13	8	8	9	2	10
Lomb ²	17	11	12	12	2	13
Lomb ³	23	13	11	10	2	14
Gumó ³	4	4	4	3	1	4

¹ Virágzás kezdetén 06. 16-án, ² Virágzás végén 07.27-én, ³ Betakarításkor 09.14-én. Gumótermés a P-szinteken: P0=20,1, P1=24,6, P2=24,4, P3=25,0, SzD_{5%}=1,3 t/ha

Ami a N %-okat illeti megállapítható, hogy a javuló K-ellátással előálló mérsékelt hígulás a növekvő gumóterméssel magyarázható, ill. azzal összhangban van. A Ca-tartalom csökkenése csak a virágzás idején figyelhető meg, betakarításkor a K-túlsúly ilyen irányú hatása már nem követhető nyomon. A K-Mg ionantagonizmus jelensége viszont jól tükröződik a lomb összetételében az egész tenyészidő folyamán. Mindenesetre a 9.táblázatban bemutatott adatokból nyilvánvaló, hogy ezen a meszes talajon a Mg felvételét K trágyázással jelentősen visszaszoríthatjuk, de Mg-hiányt semmiképpen sem hozhatunk létre a burgonyában.

9. táblázat K-ellátás hatása a légszáraz burgonya elemtartalmára, 1978

Növényi rész	NH ₄ -laktát oldható K ₂ O mg/kg talajban				SzD _{5%}	Átlag
	124	140	168	208	13	160
K %						
Lomb ¹	2,16	2,91	3,85	4,47	0,15	3,34
Lomb ²	1,09	1,52	2,48	3,35	0,15	2,11
Lomb ³	0,42	0,53	1,18	1,85	0,20	1,00
Gumó ³	1,16	1,30	1,62	1,85	0,07	1,48
N %						
Lomb ¹	4,86	4,68	4,57	4,54	0,15	4,66
Lomb ²	3,77	3,57	3,53	3,40	0,13	3,57
Lomb ³	1,84	1,61	1,51	1,56	0,11	1,63
Gumó ³	1,82	1,78	1,77	1,72	0,15	1,77
Ca %						
Lomb ¹	2,37	2,27	2,02	1,87	0,08	2,13
Lomb ²	3,65	3,59	3,45	3,31	0,10	3,50
Lomb ³	3,14	3,15	3,33	3,36	0,21	3,24
Gumó ³	0,33	0,32	0,32	0,31	0,03	0,32
Mg %						
Lomb ¹	0,68	0,57	0,46	0,38	0,04	0,52
Lomb ²	1,75	1,49	1,21	1,08	0,11	1,38
Lomb ³	1,22	1,14	1,06	0,89	0,09	1,08
Gumó ³	0,10	0,10	0,10	0,10	0,01	0,10

¹ Virágzás kezdetén 06. 16-án, ² Virágzás végén 07.27-én, ³ Betakarításkor 09.14-én.
Gumótermés a K-szinteken: K0=19,0, K1=23,4, K2=25,4, K3=26,4t/ha, SzD_{5%}=1,3

A Mg %-a az irodalmi határkoncentráció kétszerese körül alakul még a K-mal jól ellátott parcellákon is, valamint a tenyészidő során a Mg-tartalom ugyanitt 1 % körülre emelkedik a lombban. A gumó Mg tartalma pedig nem mutatott csökkenést a K-ellátás függvényében. A kiegyensúlyozott táplálás kiemelt fontosságú az érzékenyen reagáló burgonya számára. A talaj AL-K₂O tartalmának növelésével a K/Ca aránya 0,9-ről 2,4-re, azaz 2,7-szeresére tágult virágzás elején. A betakarításkori lombban már 6-szoros volt a K/Ca hányadosa. Hasonlóan a K/Mg aránya 3,2-ről 11,8-ra nőtt, azaz 3,7-szeresére tágult, míg a betakarításkori levélben már 7-szeres volt a K/Mg hányadosa. A Ca és Mg az előregezés elemei, ezért a javuló K-ellátással előálló K-túlsúly frissebb, fiatalabb és nedvesebb lombot eredményezett. Az érett gumóban a változások kevésbé kifejezettek.

A P-ellátással a P/Zn aránya a kívánatos 100 körüli értékről 200-300 fölé ugrott a virágzáskori levélben és a gumótermésben relatív, ill. abszolút Zn-hiányt indukálva a P-ral igen jól vagy túlzottan ellátott parcellákon. A betakarításkori lombban a P/Zn aránya ötszörösére, a gumóban kétszeresére tágult, tehát kifejezett maradt. A P/Mn aránya nem mutatott ilyen mérvű változásokat, hiszen a vályog csernozjom Mn-nal jól ellátott, másrészt e talajon és a legtöbb növényenél inkább a P-Mn szinergizmus figyelhető meg (lásd 7. táblázat).

Vajon milyen mérvű módosulások állhatnak elő a két legfontosabb elemarányban, az N/P, ill. K/P arányában az NxP, ill. KxP ellátás függvényében a

tenyésztési során? A lombanalízis képes hűen tükrözni a tápláltsági szituációt. Az N/P aránya virágzás kezdetén 7-15, virágzás végén 9-20, betakarításkor 6-23 sávban változott, azaz a szélsőségek nőhetnek a korral. A gumó genetikailag stabilabb összetételt és tápelemarányt jelzett 5-10 közötti minimum-maximum N/P aránnyal. Az adatok részletes bemutatásától helyhiány miatt ezúton is eltekintünk. Hasonló képet mutatott összességében a K/P arányok változása a KxP ellátás nyomán. A burgonya lombvirágzás elején 3-15, virágzás végén 3-20, betakarításkor 2-28 érték közötti K/P aránnyal jellemezte a talaj eltérő K/P kínálatát.

Az extrémítások itt is nőttek a levél korával, hiszen a kezdeti 5-ről 14-szeresére emelkedik a maximum/minimum K/P arány. A gumó összetétele ezen arány tekintetében is stabilabb, a változások mérsékeltebbek. Adataink szerint a "normális" vagy megfelelő N/P arány virágzás elején 10-12, virágzás végén és betakarításkor 12-15 körül alakulhat a levélben. A "megfelelő" K/P arány ugyanitt 5-10 közötti értéket jelenthet a virágzáskori lombban.

A burgonya elemfelvételét a betakarításkori lombban és gumóban a 10. táblázat adatain tanulmányozhatjuk. A lombtermés légszárazanyag-hozama 1,0-1,4 t/ha között ingadozott, mintegy 40 %-kal emelkedett a N hatására. A gumó légszárazanyag-hozama ugyanitt 4,8-ről 6,6 t/ha-ra nőtt, átlagosan 25 % körüli légszáraz anyagot tartalmazva. A betakarításkori lombtermés 31-49 kg Ca, 13-28 kg N, 13 kg K, 9-17 kg Mg, valamint átlagosan 2 kg/ha körüli Fe, P, Na elemfelvételt jelzett. A lomb tehát elsősorban Ca-ban szegényítheti el a talajt, ha eltávolítjuk a tábláról.

A Mn 190 g, a Zn 39 g, a Cu 18 g átlagos mennyiséget mutatott, tehát elhanyagolható volt. N trágyázás hatására megkétszereződött a N és Mg felvétele, valamint 30-50 %-kal nőtt a Ca és Mn lombtermésbe épült mennyisége is. A K, P, Fe, Na, Zn és Cu felvett mennyisége érdemben nem változott.

A gumótermésbe épült elemek mennyisége a Mg kivételével minden esetben jelentős és szignifikáns növekedést mutatott a javuló N-ellátással. Megkétszereződött a N és a Zn mennyisége. Betakarításkor a 19-26 t/ha közötti gumótermés 76-134 kg N, 85-96 kg K, 16-19 kg P és 5-6 kg/ha Mg, valamint átlagosan 444 g Na, 371 g Fe, 195 g Ca, 104 g Zn, 40 g Mn, 22 g Cu felvételt mutatott. A gumóterméssel tehát nagymennyiségű N és K távozik a tábláról. A gumó P-felvétele a P-ellátással 12-ről 21 kg/ha-ra, míg a K-felvétele a K-ellátással 58-ról 125 kg/ha-ra emelkedett. A K luxusfelvételét tükrözte a lomb, melyben a felvett K mennyisége csaknem ötszörösére nőtt a K-trágyázással, 5-ről 23 kg/ha-ra emelkedve.

10. táblázat N-ellátás hatása a burgonya elemfelvételére betakarításkor, 1978

Felvett elemek		N-adag évente kg/ha				SzD _{5%}	Átlag
		0	100	200	300		
Lombtermésben							
Ca	kg/ha	31	40	48	49	9	42
N	kg/ha	13	18	27	28	5	21
K	kg/ha	13	11	13	13	3	12
Mg	kg/ha	9	13	16	17	3	14
Fe	kg/ha	2,1	2,2	2,2	1,9	0,5	2,1
P	kg/ha	1,8	1,6	2,0	1,8	0,4	1,8
Na	kg/ha	1,3	1,8	2,0	1,4	0,9	1,6
Mn	g/ha	166	174	213	207	39	190
Zn	g/ha	39	41	37	40	4	39
Cu	g/ha	17	17	19	18	4	18
Gumótermésben							
N	kg/ha	76	104	124	134	9	109
K	kg/ha	85	92	93	96	7	92
P	kg/ha	16	17	18	19	2	18
Mg	kg/ha	5	6	6	6	1	6
Na	g/ha	385	428	483	479	35	444
Fe	g/ha	312	302	400	471	29	371
Ca	g/ha	157	193	207	223	16	195
Zn	g/ha	76	89	102	147	9	104
Mn	g/ha	35	35	41	48	4	40
Cu	g/ha	19	19	25	28	2	22

Az N0P0K0 trágyázatlan kontroll talajon 13,4, míg a N3P3K3 parcellákon 32,6 t/ha gumótermést takarítottunk be. A lomb- + gumóterméssel felvett elemek összege ennek megfelelően az alábbi szélső értékeket mutatta: 66-180 kg N, 11-30 kg P (25-69 kg P₂O₅), 46-160 kg K (55-192 kg K₂O), 33-60 kg Ca, 16-25 kg Mg, 2-3 kg Na és Fe, 0,2-0,3 kg Mn, 0,1-0,2 g Zn, 0,03-0,06 kg Cu. Mindez azt is jelenti, hogy amennyiben lehetőségünk van pl. öntözéssel a 30-40 t/ha gumótermés előállítására, ott átlagos viszonyok között közepesen-jól ellátott talajon 200 kg N, 100 kg P₂O₅, 200-250 kg K₂O felhasználása indokolt lehet.

Szaktanácsadásban gyakran a tervezett termés fajlagos, azaz 1 t gumó + a hozzá tartozó lombtermés elemigényével számolnak a trágyaszükséglet megállapításánál. Amennyiben a talaj kielégítően ellátott és célunk ennek megőrzése, a tervezett termés elemigényét trágyázással biztosítjuk. Kísérletünk átlagában kapott átlagos fajlagos elemigényt a 11.táblázatban foglaltuk össze. Megemlítjük, hogy a hazai szaktanácsadásban ajánlott fajlagos igény 5 kg N, 2 kg P₂O₅, 9 kg K₂O, 3 kg CaO, 1 kg MgO (MÉM NAK 1979, Antal 1987).

11. táblázat A burgonya átlagos fajlagos elemigénye

Elemek	Gumó	Lomb	Együtt	Együtt %	Gumó %
N kg/ha	4,62	0,89	5,51	100	84
K kg/ha	3,90	0,51	4,41	100	88
Ca kg/ha	0,01	1,78	1,79	100	0
P kg/ha	0,76	0,08	0,84	100	90
Mg kg/ha	0,25	0,59	0,84	100	30
Fe g/ha	15,7	90,0	106	100	15
Na g/ha	18,8	70,2	89	100	21
Zn g/ha	4,4	1,5	6	100	75
Mn g/ha	1,7	8,0	10	100	18
Cu g/ha	0,9	0,8	2	100	53

Megjegyzés: $Kx1,20=K_2O$, $Px2,29=P_2O_5$, $Cax1,40=CaO$, $Mgx1,67=MgO$

Fajlagos $K_2O=5,3$, $P_2O_5=1,9$, $CaO=2,5$, $MgO=1,4$ kg/t.

A 11. táblázat eredményei szerint kísérleti körülményeink között 5,5 kg N, 0,84 kg P (1,9 kg P_2O_5), 4,4 kg K (5,3 kg K_2O), 1,79 kg Ca (2,5 kg CaO), 0,84 kg Mg (1,4 kg MgO) a fajlagos igény 1 t gumó + a hozzá tartozó lombtermés előállításához. Jó egyezést mutat a fajlagos N, P_2O_5 , CaO és MgO mennyisége a hazai szaktanácsadásban elfogadottakkal, míg a fajlagos K_2O tartalom közel 60-70 %-kal kisebb. Mivel a mai termesztés-technológiánkban a lomb a táblán marad, a tápelemigényt a gumó alapján lehet becsülni. Ebben az esetben a fajlagos K igényt már közel kétszeresen túlbecsüljük. A holland vagy német sovány homokokon szükség is van erre, hiszen terméskorlátozó tényező a talajok K-készlete. Itt a növények K-luxusfelvételre képesek, pl 2,5-3,0 % K is gyakori a gumóban. Hazai talajainkon csak a sovány homoki termőhelyek követhetik ezt a példát a talajgazdagító K-trágyázást folytatva. Átlagos körülmények között, amikor a lomb a táblán marad és a talaj K-mal kielégítően ellátott, a fajlagos K-igény tehát felére csökkenthető.

A 11. táblázatban az is megfigyelhető, hogy a gumó tartalmazza a burgonya összes termésével felvett N, P és K elemek 85-90 %-át, míg Mg és főként Ca elemekben szegény. Fajlagos Ca-igénnyel felesleges a gyakorlatban számolni, ill. értelmetlen is, amennyiben a gumót takarítjuk be. A fajlagos Mg-igény hasonlóképpen elhanyagolhatóvá válik 0,5 kg/t körüli mennyiséggel. A Mg-, ill. Ca-hiányos savanyú nyírségi vagy somogyi homoktalajok Ca és Mg igényét nagyságrendekkel nagyobb mészsavak vagy dolomit trágyázással elégítjük ki a gyakorlatban. A növény fajlagos Ca vagy Mg tartalma a trágyázási számításainkat nem befolyásolja.

Főbb megállapításaink:

1. E humuszosabb vályog talajon a burgonya kielégítő N-ellátottságát virágzás kezdetén 4,5-5,0 %, virágzás végén 3,5-4,0%, betakarítás előtt 1,5-2,0% N-tartalom jellemezheti a légszáraz levélben, ill. 1,7-1,8% N a gumóban.

A kielégítő P-ellátottság mutatói virágzás kezdetén 0,40-0,50%, virágzás végén 0,25-0,30, betakarításkor 0,10-0,15% P-tartalom a száraz levélben, ill. 0,25-0,30% P-tartalom a száraz gumóban. A kielégítő K-ellátottságot virágzás elején 3,0-4,0%, virágzás végén 2,0-3,0%, betakarításkor 1,0-1,5% K koncentráció tükrözte a száraz levélben, ill. 1,5-2,0% K a gumóban. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.

2. A fontosabb elemek aránya szintén jól jellemzi a növény tápláltsági állapotát, kiegyensúlyozottságát, ezért diagnosztikai célokra alkalmas. Adataink szerint a megfelelő vagy "normális" N/P arány virágzás elején 10-12, virágzás végén és betakarításkor 12-15 körül alakulhat a száraz levélben. A virágzáskori lomb megfelelő K/P aránya 5-10 közötti értékkel jellemezhető.
3. Kísérletünkben a gumótermés 13,4-32,6 t/ha között változott az N0P0K0-N3P3K3 kezelésekben. A gumó + lombterméssel felvett elemek mennyisége ennek megfelelően az alábbiak szerint alakult kg/ha-ban: N 66-180, P₂O₅ 25-69, K₂O 55-192, CaO 46-84, MgO 27-42, Fe és Na 2-3, Mn 0,2-0,3, Zn 0,1-0,2, Cu 0,03-0,06. Az 1 t gumó + lomb átlagos fajlagos elemigénye 5,5 kg N, 5,3 kg K₂O, 1,9 kg P₂O₅, 2,5 kg CaO és 1,4 kg MgO volt és jól egyezett a hazai szaktanácsadásban elfogadott irányszámokkal (a K₂O kivételével, melynél az irányszám 9 kg/t).
4. Amennyiben a lomb a táblán marad, a Ca és Mg igény elhanyagolhatóvá válik, a fajlagos K-igény pedig az irodalmi ajánlásoknak csaknem a felére, 5-6 kg/t K₂O-ra csökkenhet. A 9 kg/t K₂O fajlagos igény K-luxusfelvételt tükröz, mely gyakori ÉNy-Európa kolloidszegény, erősen trágyázott talajain. Átlagos hazai termőhelyeken ez K-túltrágyázást eredményezhet.

4. Műtrágyázás hatása az őszi árpára (*Hordeum vulgare* L.) 1979

4.1. Termés, elemtartalom és elemarányok alakulása

A kísérlet 6. évében, 1979-ben vizsgáltuk az eltérő N, P és K ellátottsági szintek és kombinációk hatását az Mv-35 fajtájú őszi árpa földfeletti termésére (bokrosodás, kalászosítás, virágzás, szem, szalma, pelyva), ásványi összetételére, elemarányaira, elemfelvételére.

A vetés 1978. 09. 29-én történt Mv-35 fajtával, 75-80 db/fm csíraszámával, 5-7 cm mélységre. A tenyészidő 9 hónapja alatt (X. - VI. hó között) 330 mm csapadék hullott, ami 102 mm-rel maradt el a Sárbogárdon mért 50 éves átlagtól. Különösen száraz hónapoknak bizonyultak: XI. 11 mm, III. 13 mm, V. 10 mm havi csapadékösszegekkel. A hótakaró nélküli tél az állományt nagyon megviselte, különösen a P-hiányos kezeléseket, melyek még nem bokrosodtak és fejletlenek maradtak. A száraz és meleg időjárás nyomán az árpa mintegy 2 héttel korábban virágzott és érett, mint más években, különösen a P-ral jól ellátott talajon. Az őszi árpát a szokásos üzemi agrotechnikával termesztettük, a betakarítás kombájnolással történt. Növénytípusokat a jelentősebb fenofázisokban vettünk parcellánként 4-4 fm teljes földfeletti anyag felhasználásával.

1. táblázat Az NXP ellátás hatása az őszi árpa fejlődésére, 1979

N-szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Bonitálás 04. 17-én bokrosodásban						
N0	1,0	2,4	2,4	2,4		2,0
N1	1,0	3,0	4,1	4,2	0,7	3,1
N2	1,0	3,0	1,2	4,5		3,2
N3	1,0	3,2	4,2	5,0		3,2
Átlag	1,0	2,9	3,8	4,0	0,4	2,9
Bonitálás 05. 28-án virágzásban						
N0	1,2	2,4	2,9	2,6		2,3
N1	1,1	3,4	4,1	4,4	0,6	3,0
N2	1,1	3,2	4,4	4,2		3,2
N3	1,2	3,5	4,4	4,2		3,3
Átlag	1,2	3,1	3,9	3,9	0,3	3,0
1000-mag tömege aratáskor, g						
N0	28	26	26	26		26
N1	27	24	23	22	2	24
N2	27	24	21	22		24
N3	27	22	21	21		23
Átlag	27	24	23	23	1	24

Megjegyzés: 1 - fejletlen, alacsony klorotikus állomány, gyengén bokrosodott
5 - fejlett, magas, sötétzöld, erősen bokrosodott állomány

Amint a 2. táblázatban látható, az önmagában adott N nem növeli a hajtás tömegét, míg az NxP ellátással bokrosodás végén 10-szeresére, kalászosításkor 6-8-szorosára, virágzáskor 3-4-szeresére emelkedik a légszáraz hajtás hozama. A

trágyahatások a fejlődés korai szakaszában a leginkább erőteljesek. Bokrosodás és kalászás között eltelt alig egy hónap alatt a szárazanyaghozam átlagosan 8-szorosára nőtt, majd virágzásig újra megduplázódik az NP-kezelésekben, ill. 4-5-szöröződik a P-kontroll talajon.

2. táblázat Az NXP ellátás hatása az őszi árpa légszáraz termésére(t/ha), 1979

N-szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Bonitálás bokrosodás végén 04. 17.-én						
N0	0,07	0,31	0,33	0,36	0,10	0,27
N1	0,04	0,25	0,44	0,50		0,31
N2	0,04	0,26	0,40	0,48		0,30
N3	0,06	0,31	0,52	0,63		0,38
Átlag	0,06	0,28	0,42	0,49	0,05	0,31
Hajtás kalászoláskor 05. 14.-én						
N0	0,6	1,5	1,8	2,3	1,3	1,5
N1	0,5	3,2	2,8	3,6		2,5
N2	0,5	2,6	3,0	3,4		2,4
N3	0,6	3,2	3,8	5,2		3,2
Átlag	0,6	2,6	2,8	3,6	0,72	0,4
Virágzásban 06. 01-jén						
N0	3,0	4,4	4,7	5,2	1,4	4,3
N1	2,4	6,9	6,6	7,6		5,9
N2	3,1	5,5	6,9	6,2		5,4
N3	2,6	6,5	6,9	8,8		6,2
Átlag	2,8	5,8	6,3	7,0	0,7	5,5
Bonitálás 04. 17.-én bokrosodásban						
N0	2,6	3,7	3,9	3,8	0,4	3,5
N1	2,4	3,9	4,1	4,1		3,6
N2	2,5	3,7	3,6	3,6		3,4
N3	2,5	3,5	3,5	3,4		3,2
Átlag	2,5	3,7	3,8	3,7	0,2	3,4
Szalma						
N0	1,6	2,1	2,1	2,1	0,5	2,0
N1	1,4	2,5	2,8	2,9		2,4
N2	1,8	2,4	2,6	3,1		2,4
N3	1,4	2,4	2,7	2,9		2,4
Átlag	1,6	2,4	2,5	2,7	0,3	2,3
Szem + szalma + pelyva						
N0	4,8	6,3	6,5	6,5	0,7	6,0
N1	4,2	7,0	7,3	7,6		6,6
N2	4,6	6,7	6,7	7,3		5,9
N3	4,6	6,4	6,7	6,9		6,1
Átlag	4,5	6,6	6,8	7,1	0,4	6,2

Szemtermést a javuló P-ellátás 2,5-ről 3,7 t/ha-ra növeli, míg a N-trágyázás 0,4-0,7 t/ha terméscsökkenést okoz. A vegetatív növényi részben, a szalmában ez a N-depresszió nem jelentkezett. Az összes föld feletti légszáraz hozam az N0P0K0

kezelésben 4,0, míg a legkedvezőbb N1P3K3 kezelésben 8,0 t/ha mennyiséget tett ki. Amennyiben a virágzáskori hozamokat összevetjük az aratáskori föld feletti összes szem + szalma + pelyva termésével megállapíthatjuk, hogy a P-kontroll parcellákon átlagosan 1,7 t/ha gyarapodás, míg az N3P3K3 parcellákon 1,9 t/ha veszteség jelentkezett. Az átlagos pelyvatermés 0,5 t/ha-nak adódott (2. táblázat).

Kísérletünk alkalmas arra, hogy a növény tápláltsági állapotát jellemezni hivatott diagnosztikai határkoncentrációkat megállapítsa, ill. az irodalomban közölt határértékeket ellenőrizze. A bokrosodás vége stádiumára a hajtásban 4-5 % N, 3-4 % K, 0,5-1,0 % Ca, 0,3-0,5 % P, 0,2-0,4 % Mg, 20-200 ppm Fe, 20-200 ppm Mn, 20-60 ppm Zn, 5-15 ppm Cu tekinthető optimálisnak (Bergmann 1988, Bergmann és Neubert 1976, Cerling 1978). A 3. táblázat adatai szerint a N-ellátással nőtt nemcsak a N, hanem a K, Ca, Mg %-a is, tehát a javuló N-kínálat a kationok felvételét serkentette. Ez alól kivételt a szemtermés jelentett, amennyiben a szem Ca és Mg koncentrációja igazolhatóan mérséklődött N-trágyázás hatására.

3. táblázat N-ellátás hatása a légszáraz őszi árpa elemtartalmára, 1979

Fenofázis	N0	N1	N2	N3	SzD _{5%}	Átlag
N %						
Bokrosodás	4,12	5,16	5,39	5,15	0,17	4,95
Kalászás	2,34	3,39	3,64	3,75	0,22	3,28
Virágzás	1,23	1,83	2,06	2,20	0,11	1,83
Szalma	0,58	0,84	0,95	0,99	0,10	0,84
Pelyva	0,42	0,51	0,61	0,65	0,05	0,55
Szem	1,80	2,28	2,41	2,53	0,08	2,26
K %						
Bokrosodás	3,06	3,50	3,63	3,57	0,19	3,44
Kalászás	2,64	3,19	3,02	3,20	0,25	3,01
Virágzás	1,39	1,44	1,42	1,58	0,12	1,45
Szalma	1,30	1,18	1,13	1,25	0,19	1,21
Pelyva	0,48	0,53	0,52	0,58	0,05	0,53
Szem	0,48	0,50	0,50	0,51	0,03	0,50
Ca %						
Bokrosodás	0,58	0,72	0,84	0,81	0,04	0,74
Kalászás	0,33	0,54	0,64	0,70	0,05	0,55
Virágzás	0,33	0,39	0,49	0,54	0,04	0,43
Szalma	0,36	0,47	0,50	0,54	0,07	0,46
Pelyva	0,28	0,34	0,36	0,36	0,05	0,34
Szem	0,19	0,15	0,11	0,10	0,02	0,14
Mg %						
Bokrosodás	0,15	0,16	0,17	0,19	0,01	0,17
Kalászás	0,11	0,16	0,19	0,18	0,01	0,16
Virágzás	0,13	0,14	0,16	0,16	0,01	0,14
Szalma	0,07	0,08	0,08	0,09	0,02	0,08
Pelyva	0,06	0,06	0,07	0,08	0,02	0,07
Szem	0,16	0,14	0,14	0,14	0,01	0,14

Bokrosodáskori irodalmi optimum: N 4-5 %, K 3-4 %, Ca 0,5-1 %, Mg 0,2-0,4 %

A bokrosodáskori elemek %-a többé-kevésbé az optimális tartományban mozog, a Mg tartalma inkább alacsonynak tűnik a N-nel gyengén ellátott talajon. A meszes talaj Ca-túlsúlya némileg akadályozhatja a Mg felvételét a Ca-Mg ionantagonizmus miatt. A tenyésztő során fellépő hígulás kifejezett a N, K, Ca elemekben, míg a Mg esetén kevésbé nyilvánul meg. Az adatokból az is látható, hogy a N és a Mg főként a szemtermésben, míg a K és Ca a melléktermésben akkumulálódik (3. táblázat).

4. táblázat P-ellátás hatása a légszáraz őszi árpa elemtartalmára, 1979

Fenofázis	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
N %						
Bokrosodás	4,82	4,87	5,08	5,04	0,17	4,95
Kalászás	3,83	3,24	3,01	3,03	0,22	3,28
Virágzás	2,17	1,76	1,72	1,68	0,11	1,83
Szalma	0,98	0,81	0,78	0,79	0,10	0,84
Pelyva	0,63	,52	0,52	0,52	0,05	0,55
Szem	2,16	2,22	2,31	2,34	0,08	2,26
P %						
Bokrosodás	0,27	0,31	0,39	0,46	0,03	0,36
Kalászás	0,26	0,31	0,35	0,37	0,02	0,32
Virágzás	0,22	0,22	0,22	0,22	0,01	0,22
Szalma	0,04	0,04	0,05	0,06	0,01	0,05
Pelyva	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03
Szem	0,33	0,39	0,42	0,44	0,02	0,39
Mn ppm						
Bokrosodás	110	96	93	93	9	98
Kalászás	55	49	52	49	4	51
Virágzás	33	28	27	30	3	29
Szalma	51	39	35	36	6	40
Pelyva	42	32	32	32	3	35
Szem	22	22	23	23	2	23
Zn ppm						
Bokrosodás	25	23	22	21	2	23
Kalászás	27	24	22	21	2	24
Virágzás	32	17	15	14	4	20
Szalma	12	7	7	7	2	8
Pelyva	10	7	7	7	28	
Szem	36	29	24	22	2	28

Bokrosodáskori irodalmi optimum: N 4-5, P 0,3-0,5 %, Mn 20-40, Zn 20-60 ppm

A P-ellátás növelése javítja a N beépülését a szembe, míg a vegetatív részekben inkább a nagyobb szárazanyag-hozammal fellépő hígulás a

meghatározó. A P %-a a pelyva kivételével minden növényi részben, minden fejlődési szakaszban emelkedik a P-kínálattal. Az optimális P-tartalom 0,4 % körül adódik bokrosodás végén és kalászoláskor, az irodalmi optimum alsó határa tehát alacsonynak minősíthető. A P-trágyázás 10-20 %-kal mérsékelte a vegetatív növényi részek Mn tartalmát. A szem összetételében ez a hatás nem mutatható ki. A Zn koncentrációi drasztikusan 20-60 %-kal csökkennek, a növény Zn-ellátottsága a hiányzóna határára kerülhet ezen a meszes talajon a P/Zn antagonizmus következtében (4. táblázat).

A 3 % körüli K-tartalom már kielégítő K-ellátottságot jelezhet az őszi árpa bokrosodáskori hajtásában, hiszen a K-trágyázás terméshozódásokat nem eredményezett. A szem kivételével a növényi részek K %-a tükrözi a javuló K-kínálatot, illetve a fellépő K/Ca, K/Mg ionantagonizmus jelensége is megnyilvánul. A Ca %-a csak mérsékelten, míg a Mg tartalma erősebben csökkent és az árpa Mg-ellátottsága az irodalmi optimumok szerint hiányzóba kerülhetett. A tápláltsági állapotot szükséges lesz majd a főbb tápelemtartalmak alapján is ellenőriznünk (5. táblázat).

5. táblázat K-ellátás hatása a légszáraz őszi árpa elemtartalmára, 1979

Fenofázis	K0	K1	K2	K3	SzD _{5%}	Átlag
K %						
Bokrosodás	2,90	3,32	3,62	3,91	0,19	3,44
Kalászolás	2,54	2,91	3,22	3,37	0,25	3,01
Virágzás	1,18	1,34	1,58	1,71	0,12	1,45
Szalma	0,95	1,07	1,33	1,50	0,10	1,21
Pelyva	0,49	0,51	0,55	0,56	0,07	0,53
Szem	0,50	0,48	0,49	0,51	0,03	0,50
Ca %						
Bokrosodás	0,84	0,74	0,70	0,68	0,04	0,74
Kalászolás	0,64	0,56	0,52	0,49	0,05	0,55
Virágzás	0,50	0,44	0,40	0,40	0,04	0,43
Szalma	0,50	0,44	0,46	0,45	0,07	0,46
Pelyva	0,40	0,34	0,31	0,29	0,05	0,34
Szem	0,13	0,14	0,13	0,14	0,02	0,14
Mg %						
Bokrosodás	0,19	0,17	0,16	0,15	0,01	0,17
Kalászolás	0,19	0,17	0,15	0,14	0,01	0,16
Virágzás	0,17	0,15	0,14	0,12	0,01	0,14
Szalma	0,10	0,08	0,08	0,06	0,02	0,08
Pelyva	0,08	0,07	0,06	0,06	0,02	0,07
Szem	0,15	0,14	0,14	0,14	0,02	0,14

Irodalmi optimum bokrosodás végén: K 3-4 %, Ca 0,5-1,0 %, Mg 0,2-0,4 %

A Na élettani szerepe nem teljesen tisztázott. Közismert, hogy a kalászosok közül az árpa, a kapások közül a répafélék Na-kedvelők. Kísérletünkben a Na %-át a N, P és K trágyázás egyaránt emelte, bár az NxP kölcsönhatások nyilvánultak meg elsősorban a tenyészidő folyamán. Az átlagos Na-tartalom közel kétszeresére

emelkedett az aratáskori szalmában, összevetve a bokrosodás végén vizsgált hajtással. Ez a jelenség összefügg a szárazzá váló időjárással. A Na könnyen mozog a talajban és felfelé áramolhat a kapilláris vízzel. Másrészt tömegárammal, az elpárolgó vízzel (betöményedő talajoldattal) könnyen bejut a föld feletti növényi részekbe.

6. táblázat NPK-ellátás hatása a légszáraz őszi árpa elemtartalmára, 1979

Fenofázis megnevezése	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
K % a P-szinteken						
Kalászás	3,83	3,01	2,71	2,50	0,25	3,01
Virágzás	1,64	1,46	1,36	1,36	0,12	1,45
Szalma	1,42	1,18	1,11	1,14	0,10	1,21
Pelyva	0,84	0,48	0,40	0,40	0,07	0,53
Na % a K-szinteken						
Virágzás	0,13	0,21	0,24	0,26	0,04	0,21
Szalma	0,19	0,31	0,32	0,33	0,06	0,29
Pelyva	0,06	0,09	0,10	0,10	0,02	0,09
Szem	0,04	0,04	0,05	0,05	0,01	0,05
Fe ppm a P-szinteken						
Borosodás	479	439	309	290	123	379
Szalma	222	148	138	158	31	166
Fe ppm a N-szinteken						
Virágzás	60	67	71	69	5	66
Szalma	125	173	173	194	31	166
Cu ppm a P-szinteken						
Virágzás	3,9	3,2	3,0	2,9	0,03	3,2
Pelyva	3,9	3,3	3,2	3,2	0,03	3,4
Szem	4,0	4,0	3,5	3,4	0,03	3,7
Cu ppm a N-szinteken						
Bokrosodás	2,8	2,9	2,4	3,5	0,06	2,9
Kalászás	3,1	3,2	4,1	3,7	0,04	3,5
Virágzás	2,6	3,2	3,4	3,8	0,03	3,2
Szalma	1,1	2,4	2,6	2,8	0,04	2,2
Pelyva	2,6	2,8	4,0	4,2	0,03	3,4
Szem	3,2	3,8	4,0	4,0	0,03	3,2

Irodalmi optimum bokrosodás végén: K 3-4 %, Fe 20-200 ppm, Cu 5-15 ppm. A Fe átlagosan kalászáskor 80, pelyvában 162, szemben 60 ppm.

A 6. táblázat adatai szerint jól nyomon követhető a vegetatív részek K-tartalmának csökkenése a javuló P-ellátottsággal, azaz hígulása a növekvő termésben. Na %-át a K-trágyázás megkétszerezi virágzás idejére, az aszályos májust követően. A kálisó közismerten 5-10 % Na-ot tartalmaz, tehát hozzájárulhat a talaj Na-kínálatához. A növényi Na-tartalmakban ez a hatás átlagos évjáratban nem jelentkezik: egyrészt a Na könnyen kimosódhat a mélyebb rétegekbe, másrészt a K/Na kation antagonizmus gátolhatja a Na

növénybeni felvételét, transzportját. A Fe koncentrációit a P-trágyázás mérsékelte, míg a N-trágyázás ezzel ellentétesen hatott. A Cu-tartalom az irodalmi optimum alatt található a trágyázatlan talajon, koncentrációja a P-ellátás javulásával tovább csökken, míg a N-szinteken mérsékeltten emelkedik.

A kiegyensúlyozott táplálás kontrolljául az elemarányok szolgálhatnak, melyek a tápláltsági állapot minőségét tükrözik. Irodalmi optimumokat a bokrosodás végén vett hajtás összetételére adnak meg, ill. az optimális tartalmakból becsülhetők. A fontosabb elemarányok optimumai a következők lehetnek. Kalászosokra: N/K 1.0-1.5, N/P 10-15, K/P 8-12, K/Mg 10-20, K/Ca 5-10, P/Zn 70-150, P/Mn 70-150, P/Fe 20-150, N/Cu 5000-10000. (Bergmann 1988, Lásztity 1982, Elek és Kádár 1980, Neubert et al. 1970, Boldürev 1970).

A 7. táblázatban bemutatott N/P arányok hűen adják vissza az NxP ellátási szituációkat. A bokrosodáskori optimumokat valóban a 10-15-szörös N-túlsúly tartományban találjuk. A kalászoláskori hajtásban szűkül az N/P aránya, az optimum 8-10 körüli. A szalma az ásványi elemek tárolója, luxusfelvételre képes, így az arányok tágulnak. Optimumot itt a 15-20 N/P arány jellemezheti. A pelyva összetételében tovább nőtt a N-nek a P-hoz viszonyított túlsúlya, így a becsülhető optimum 20-25 körüli N/P aránynál jelentkezik.

7. táblázat NxP ellátás hatása az őszi árpa N/P arányára, 1979

N-szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Bokrosodásban						
N0	18	12	10	8		12
N1	17	16	14	11		14
N2	18	18	14	13	6	16
N3	20	16	14	12		16
Átlag	18	16	13	11	3	15
Kalászoláskor						
N0	12	7	6	6		8
N1	16	11	9	7	4	11
N2	14	11	10	10		11
N3	16	12	10	10		12
Átlag	15	10	9	8	2	10
Szalmában						
N0	15	12	12	8		12
N1	22	18	16	16	8	18
N2	25	23	19	17		21
N3	26	24	21	14		21
Átlag	22	19	17	14	4	18
Pelyvában						
N0	20	14	10	10		14
N1	21	24	20	17	10	20
N2	22	33	37	24		29
N3	24	28	37	19		27
Átlag	22	25	26	17	5	23

Irodalmi optimum bokrosodás végén a hajtásban: 10-15 N/P

A K/Na arányra, optimumokra nem találtunk utalást az elérhető irodalomban. Változását kísérletünkben a KxP ellátás szabályozta 13-41 értéktartományban. A bokrosodáskori maximális hozamokhoz 8-10 K/P arány társulhat, mely az irodalmi optimumot látszik igazolni. A 4-5 körüli K/Ca arány a meszes termőhely Ca túlsúlyát jelzi, melyet még a feltöltő K-trágyázás sem képes alapvetően módosítani. A 2-3 közötti P/Mg hányadosának változása viszont arra utal, hogy a feltöltő P-trágyázással már nemkívánatos P-túlsúlyt, ill. relatív Mg-hiányt indukálhatunk.

A P/Zn aránya kiemelt jelentőséggel bír ezen a termőhelyen, amennyiben a talaj P-ban és Zn ben egyaránt szegény. P-trágyázással a talaj jól vagy túlzottan ellátottá vált, így a relatív Zn-hiányra utaló 150 feletti bokrosodáskori P/Zn arány figyelmeztet arra, hogy a Zn-trágyázás ilyen körülmények között hatékony lehet. A Mn és a Fe túlsúlyát ugyanakkor még a feltöltő P-trágyázás sem volt képes visszaszorítani, hisz a P/Fe, P/Mn arányok csak közelítettek az optimum tartományok felé a bokrosodáskori hajtásban. A P/Zn és P/Mn arányok minden fenofázisban ill. növényi részben egyértelműen tágulnak a P adagolásával. A P/Fe arányokban a változás statisztikailag nem igazolható virágzás idején és az aratáskori pelyvában (8.táblázat).

8. táblázat P-ellátás hatása az őszi árpa elemarányára, 1979

Fenofázis	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
P/Zn aránya P hatására						
Bokrosodás	109	140	182	222	24	163
Kalászás	96	134	162	180	20	143
Virágzás	70	129	148	161	22	127
Szalma	40	64	67	83	14	64
Pelyva	30	33	39	48	6	37
Szem	91	134	176	203	25	151
P/Mn aránya P-hatására						
Bokrosodás	25	33	43	49	6	37
Kalászás	48	64	68	76	8	64
Virágzás	67	79	73	83	8	77
Szalma	9	12	15	16	4	13
Pelyva	7	7	8	10	2	8
Szem	151	181	182	192	28	176
P/Fe arány P-hatására						
Bokrosodás	7	9	14	16	4	11
Kalászás	33	43	58	58	11	48
Virágzás	32	35	34	32	8	33
Szalma	9	12	14	16	3	13
Pelyva	2	2	2	2	1	2
Szem	52	68	81	83	16	71

Irodalmi optimum bokrosodás végén: P/Zn 70-150; P/Mn 70-150; P/Fe 20-150

K/Mg aránya 20 fölé emelkedett a nagyobb K-szinteken, jelezve a relatív Mg-hiány erősödését a bokrosodás végén. A K Mg-hoz viszonyított túlsúlya látványossá válik a virágzáskori hajtásban és az aratáskori szalmában, amikor is kétszeresére tágul a K/Mg aránya. Ugyanakkor a K/Na aránya átlagosan a felére zsugorodik K-trágyázással a vegetatív növényi részekben. A Cu-felvétel gátlásáról tanúskodnak a bokrosodáskori N/Cu arányok, melyek kétszeresre tágulnak az irodalmi optimumhoz viszonyítva. Az extrém, évenkénti 300 kg/ha N-trágyázás a Cu felvételét már javítja, ill. a N/Cu arányát a kontrollhoz közelíti.

4.2. Az őszi árpa elemfelvételéről

9. táblázat NxP ellátás hatása az őszi árpa N-felvételére (kg/ha), 1979

N-szintek	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Hajtás bokrosodás végén 04. 17-én						
N0	3	13	14	14		11
N1	2	13	24	26	8	16
N2	3	13	23	27		17
N3	3	15	29	34		20
Átlag	3	14	22	25	4	16
Hajtás kalászoláskor 05. 14-én						
N0	19	33	38	45		34
N1	19	74	87	97	40	69
N2	26	93	112	116		87
N3	27	113	123	197		115
Átlag	23	78	90	114	20	76
Hajtás virágzásban 06. 01-jén						
N0	49	49	52	56		52
N1	58	105	111	125	22	100
N2	70	116	134	122		110
N3	63	139	145	177		131
Átlag	60	102	111	120	11	98
Szem aratáskor 07. 04-én						
N0	49	69	69	67		63
N1	55	88	92	96	10	83
N2	55	85	92	92		81
N3	59	86	92	93		82
Átlag	54	82	86	87	5	77
Összes földfeletti hozam 07. 04-én						
N0	64	82	81	79		77
N1	72	112	117	120	20	105
N2	76	110	118	126		108
N3	79	112	121	124		109
Átlag	73	104	109	112	10	100

Megjegyzés: Szalmában kezeléstől függően 10-30 (átlagosan 20), pelyvában 2-3 kg/ha

Amint a 9. táblázatban látható, a növények N-felvételét az önmagában adott N látványosan nem növelte. Az NxP ellátás javulásával azonban a felvett N mennyisége nagyságrenddel emelkedett a bokrosodás végén és kalászoláskor, megháromszorozódott a virágzáskori hajtásban, ill. megduplázódott aratáskor az N0P0 kontrollhoz képest. A maximális N-felvétel kalászoláskor közel 200 kg/ha mennyiséget ért el az együttes NP-túlkínálat nyomán, majd ezt követően az aratásig 1/3-ával csökkent. A tenyésztő 2. felében fellépő szárazság miatt a nagy zöldtömeget adó N3P3K3 parcellák növényei a talaj vízkészletét virágzás végére (érés kezdetére) kimerítették, levélzetük nagy része elszáradt és lehullott aratáskor. Ezzel szemben a P-kontroll parcellán a N-felvétel folyamatos volt: bokrosodás végén 3, kalászoláskor 23, virágzásban 60, aratáskor 73 kg/ha a földfeletti tömegbe épült N mennyisége. A kísérlet átlagában az összes földfeletti N-hozam 77 %-át a szemben, 20 %-át a szalmában és 3 %-át a pelyvában találjuk aratáskor.

Megállapítható, hogy a bőséges NP-kínálat határozottan növelheti az őszi árpa N-felvételének sebességét a fejlődés korai szakaszában, ill. a növény már kalászás idejére képes kielégíteni teljes N-szükségletét. Ez a N-igény jelentős, 200 kg/ha mennyiséget is meghaladó lehet nagyobb termés esetén. A korábbi hazai utalások szerint az őszi árpa N-igénye mérsékelt, 10-25 %-kal kisebb a búzáénál, megdőlésre hajlamos, kerülni kell az erősebb istállótrágyázást és nem lehet előveteménye pillangós és hüvelyes növény (*Cserhúti 1901, Grábner 1948, Antal 1987*). A mai termesztési körülmények és fajták nyomán felül kell vizsgálni a fenti megállapításokat és az őszi árpát a búzához hasonlóan N-igényesnek kell minősíteni. A napi N-felvétel szárba indulás idején az 5-6 kg/nap mennyiséget is elérheti.

A P-felhalmozódása szintén megelőzte a szárazanyag-gyarapodás ütemét, de a N-től eltérően a tenyésztő végéig tartott. Itt is az NxP kölcsönhatások érvényesültek. A P-kontrollhoz viszonyítva a hajtásba épült P mennyisége nagyságrenddel nőtt meg az N3P3K3 kezelésben bokrosodás végén és kalászoláskor. Ez a különbség a virágzás idejére 3-szorosára, aratás idejére pedig 2-szeresére mérséklődött a kontroll és az N3P3K3 kezelés között. Kísérlet átlagában az aratáskori összes föld feletti termésbe épült P mennyisége 15 kg/ha körül alakult, melynek 90 %-át a szemtermés akkumulálta. A bőséges NP-kínálat növelte az árpa P-felvételének sebességét a fejlődés korai szakaszában, és kalászás idejére már képes volt kielégíteni teljes P-igényét. P-hiányos talajon ugyanakkor az akkumuláció aratásig tartott.

Ezen a K-mal többé-kevésbé kielégítően ellátott talajon a K beépülését szintén az NxP kölcsönhatás szabályozta. Az N0P0 kontrollhoz viszonyítva bokrosodás végén 10-szeres, kalászoláskor 7-szeres, virágzáskor 3-szoros, aratáskor 2-szeres többletet regisztráltunk az N3P3K3 kezeléseknél. A maximális 134 kg/ha K-felvétel e kezelésben május közepére, kalászás idejére esett, majd a növények aratásig elvesztették K-készletük több mint 60 %-át. Ismeretes, hogy a K nem épül be kötött a növényi sejtekbe, így könnyen kimosódhat. Az elszáradó lombbal a felvett K nagyobb része is eltávozhatott a nagy termésű, vízhiányos kezelésben. P-kontroll talajon a K-felvétel maximumát virágzásban találjuk, aratásig itt 15 % K-

veszteség lépett fel. Az aratáskori összes felvett K 58 %-át a szalmában, 36 %-át a szemben, 6 %-át pedig a pelyvában azonosítottuk.

A felvett Ca mennyisége az NP-túlsúlyos parcellákon nagyságrendekkel nőtt meg a kontroll parcellákéhoz képest, bokrosodás és kalászolás idején. Virágzás idején ez a különbség ötszörösére, aratás idejére pedig kétszeresére szűkült. A maximális Ca-felvétel elérte az 53 kg/ha mennyiséget az N3P3 kezelésben, mely a tenyészidő végére mintegy a felére süllyedt. Az összes földfeletti termésbe épült Ca 65 %-át a szalma, 29 %-át a szem és 6 %-át a pelyva tartalmazta a kísérlet átlagában.

A legkifejezettebb eltéréseket a Na-felvétel mutatta az együttes NP-trágyázás nyomán. Bokrosodáskor a hajtásban 13, kalászoláskor 15-20, virágzáskor 8, míg az aratáskori földfeletti termésben 3-szoros a felvett Na mennyisége az NP-túlsúlyos kezeléseken, összevetve az NP-kontrollal. Kontroll talajon érésig folytatódott a Na akkumulációja, míg az NP túlsúlyos parcellákon elért maximum virágzás idejére esett és 30 kg/ha körüli értéket ért el. Aratásig az árpa a felvett Na felét veszítette el az NP-túlsúlyos táplálás esetén. A felvett Na 78 %-át a szalma, 18 %-át a szem és átlagosan 4 %-át a pelyva halmozta fel.

A hajtás Mg-felvétele szintén nagyságrendbeli növekedést mutatott az NP-ellátás javulásával bokrosodás végén és kalászoláskor. Virágzáskor mintegy 3-szoros a kontroll és az NP-túlsúlyos parcellák közötti különbség, majd aratás idejére ez az arány alig az 1,5-szeresére szűkül a földfeletti tömegben. A növekvő N-túlsúllyal előálló terméscsökkenés a felvett Mg mennyiségét is bizonyíthatóan mérsékelte. A szemtermésben 5,0, a szalmában 1,8, a pelyvában 0,4 kg/ha Mg épült be átlagosan, tehát a felvett Mg kereken 70 %-át a generatív mag akkumulálta.

A vizsgált mikroelemek felvételéről a 10. táblázat adatai tájékoztatnak a P-szintek függvényében. Kísérlet átlagában a felvett Fe mennyisége 638 g, Mn 189 g, Zn 116 g, Cu 19 g mennyiséget tett ki az aratáskori összes földfeletti termésben ha-onként. Szemtermésben találjuk a felvett Fe 30, Mn 43, Cu 66 és a Zn 80 %-át átlagosan. Mikroelemek felvétele a tenyészidő egésze alatt folytatódott, maximumát aratáskor érve el a P-hiányos talajon. Érés idején akkumulálódott pl. az összes felvett Fe 65, a Mn 42, Zn 22, Cu 31 %-a. A P-túlsúlyos talajon ugyanakkor a Mn, Zn és Cu felvett mennyisége virágzáskor és aratáskor gyakorlatilag megegyező. A Fe kivételével a mikroelem felvétel legintenzívebb szakasza a szárbaszökés és kalászolás, tehát a bokrosodás vége és virágzás közötti időszak.

A 10. táblázatban az is megfigyelhető, hogy aratás idején az összes beépült Fe, Mn, Cu mennyisége 24-29 %-kal nőtt meg a P-túlsúlyos parcellákon, a P-kontrollhoz képest. A maximális Zn-felvétel ugyanakkor a kielégítő P1 szinten jelentkezett, majd mintegy 20 %-os csökkenés lépett fel a P-túlsúly nyomán (P-Zn antagonizmus következtében). Megemlítjük, hogy a N-hatások is igazolható változásokat okoztak a felvett mikroelemek mennyiségeiben. Így pl. kalászoláskor a Fe, Mn, Zn és Cu mennyisége 220-260 %-kal nőtt meg a N-túlsúly nyomán, az N-kontrollhoz viszonyítva. Aratáskor beépült összes Fe, Mn, Cu mennyisége már csak 20-30 %-os többleteket mutatott, míg a Zn mennyisége 10 %-os veszteséget jelzett. Az NxP kölcsönhatások is igazolhatók voltak esetenként, azonban hely hiányában az NxP kétirányú táblázatok bemutatásától eltekintünk.

10. táblázat P ellátás hatása az őszi árpa elemfelvételére, 1979

Fenofázis	P0	P1	P2	P3	SzD _{5%}	Átlag
Felvett Fe g/ha						
Bokrosodás	27	95	108	134	22	93
Kalászás	51	207	217	268	53	186
Virágzás	192	360	419	474	38	361
Szalma	338	357	344	434	83	368
Szem						
Összes	547	660	636	752	32	638
Felvett Mn g/ha						
Bokrosodás	6	28	40	46	6	30
Kalászás	33	115	151	177	32	119
Virágzás	90	163	171	212	17	159
Szalma	79	92	88	97	15	89
Szem	56	83	87	100	21	82
Összes	154	193	192	216	5	189
Felvett Zn g/ha						
Bokrosodás	1	6	9	10	2	7
Kalászás	16	56	65	74	14	53
Virágzás	90	98	93	100	11	95
Szalma	19	17	19	19	4	18
Szem	92	109	91	82	8	93
Összes	115	130	114	105	7	116
Felvett Cu g/ha						
Bokrosodás	0,2	0,9	1,3	1,4	0,3	0,9
Kalászás	2,4	8,3	10,4	11,6	2,3	8,2
Virágzás	10,8	18,7	18,9	20,5	1,9	17,2
Szalma	3,8	4,7	5,9	6,2	0,3	5,1
Szem	10,1	15,1	12,8	13,0	0,4	12,7
Összes	15,7	21,5	20,4	21,1	0,7	19,2

Az őszi árpa átlagos elemfelvételét a tenyészdő során az összefoglaló *II. táblázatban* közöljük, áttekintő jelleggel. Az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés fajlagos elemigénye a talaj elemellátottsága függvényében az alábbiak szerint alakult: N 24-30 kg, K 12-16 kg (K₂O 14-19 kg), Ca 4-5 kg (CaO 6-7 kg), P 3,4-4,8 kg (P₂O₅ 8-11 kg), Mg 1,7-2,2 kg (MgO 3-4 kg), Na 1,4-2,9 kg (NaO 2-4 kg), Fe 170-200 g, Mn 50-60 g, Zn 24-42 g, Cu 5-6 g.

Megemlítjük, hogy a maximális termésű N1P3K3 parcellákon a fajlagos N mintegy 20, P és K 30, Na 100 %-kal nagyobb, míg a Mg 30 és a Zn 45 %-kal kisebb értékeket mutatott a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva. Adatainkat a *12. táblázat* foglalja össze. A hazai szaktanácsadásban N 27, K₂O 26, P₂O₅ 10, CaO 10, MgO 3 kg értékkel szerepel az őszi árpa fajlagos elemigénye (*MÉM NAK 1979, Antal 1987*). Az N, P₂O₅ és MgO irányszámokra adott javaslat elfogadható, ill. jó egyezést mutat saját eredményeinkkel, míg a K₂O és a CaO 35-40 % többletet

jelez. Amennyiben kombájnnal betakarításnál csak a szemtermés távozik a tábláról, az 1 t szemmél mindössze 6 kg K_2O és 2 kg CaO veszteséggel kell számolnunk. A Ca -veszteség tehát még savanyú talajon is elhanyagolható, hiszen 5 t/ha szemtermésnél 10 kg CaO -ot jelenthet hektáronként. Hasonlóképpen elenyésző a 30 kg/ha körüli K_2O felvétel, különösen a kötöttebb és K -mal kielégítően ellátott talajon.

11. táblázat Az őszi árpa átlagos elemfelvétele a tenyészidő során, ill. 3.4 t szem + a hozzá tartozó melléktermés, 1979

Elem	Bokrosodás	Kalászosítás	Virágzás	Szalma*	Szem	Összes**
kg/ha						
N	16	76	98	23	77	100
K	11	66	77	30	17	47
Ca	2	14	24	12	5	17
P	1	8	12	1	14	15
Na	0,6	4	13	7	2	9
Mg	0,5	4	8	2	5	7
g/ha						
Fe	93	186	361	440	198	638
Mn	30	119	159	107	82	189
Zn	7	53	95	23	93	116
Cu	1	8	17	6	13	19

* Pelyvával együtt** Szalma + pelyva + szem

12. táblázat Az őszi árpa fajlagos elemigénye a talaj ellátottsághoz képest, 1979

Elem jele	Mértékegység	Minimum	Maximum	Átlagosan	Termőhely eredeti ellátottsága
		1 t szem + melléktermés elemtartalma			
N	kg/ha	24	30	29	közepes
K	kg/ha	12	16	14	közepes
Ca	kg/ha	4	5	5	kielégítő
P	kg/ha	3,4	4,8	4,4	gyenge
Na	kg/ha	1,4	2,9	2,6	kielégítő
Mg	kg/ha	1,7	2,2	2,1	közepes
Fe	g/ha	169	200	188	kielégítő
Mn	g/ha	49	60	56	kielégítő
Zn	g/ha	24	42	34	gyenge
Cu	g/ha	5	6	6	közepes

Átszámítás: $P \times 2.29 = P_2O_5$; $K \times 1.2 = K_2O$; $Ca \times 1.4 = CaO$; $Mg \times 1.57 = MgO$; $Na \times 1.35 = Na_2O$

Főbb tanulságok:

1. K-hatásokat nem kaptunk. A talaj eredeti 120-140 mg/kg AL-K₂O tartalma kielégítette az őszi árpa K-igényét. A kielégítő P-ellátottságot a 150-200 mg/kg AL-P₂O₅ tartomány, a kielégítő N-ellátást a 100 kg/ha/év adag biztosította.
2. Az önmagában adott N nem növelte a termést, míg az NxP trágyázással a bokrosodáskori hajtás 10-szeresére, a kalászosítás kori 6-8-szorosára, virágzáskori 3-4-szeresére nőtt a trágyázatlan kontrollhoz képest. Az aratáskori szemtermés 2,5-ről 4,1 t/ha-ra emelkedett és a nyári aszály miatt a N-túltrágyázás 0,7 t/ha terméseszkökenéshez vezetett. Az 1000-mag tömege 26-ról 21-re csökkent az NxP túltrágyázás nyomán.
3. A P-hiányos talajon a növények gyengén bokrosodtak, fejlődésükben kb. 2 héttel lemaradtak, alacsony, klorotikus állományt képeztek. Az érés idején ezek a különbségek fokozatosan csökkentek. Virágzás és aratás között a földfeletti légszáraz anyaghozam a P-kontroll talajon 1,7 t/ha-ral nőtt, míg az N3P3K3 parcellákon 1,9 t/ha-ral csökkent.
4. Az őszi árpa kielégítő NPK ellátottságát a bokrosodás végi hajtás 4-5 % N, 3-4 % K, 0,4-0,5 % P készlete jellemezheti. Az irodalomban közölt diagnosztikai célú határkoncentráció-tartományok iránymutatónak szolgálhatnak a szaktanácsadásban.
5. A N-trágyázás nemcsak a N, hanem a K, Ca, Mg kationok %-át is növelte a vegetatív növényi részekben. A javuló P-ellátással nőtt a P, valamint mérséklődött a N, Mn és Zn készlet az árpa szerveiben. Az árpa Zn-ellátása ezzel, az irodalmi optimumok szerint, hiányzónába kerülhetett a P-ral túltrágyázott talajon. A K-trágyázás a K %-át emelte, míg az antagonista Ca és Mg tartalmakat csökkentette a vegetatív szervekben. A Mg-ellátás hiányzónába kerülhetett az irodalmi optimumok alapján.
6. Elemek felvételében (hasonlóan a szárazanyag képződéshez és a növényi összetétel változásához) az NxP kölcsönhatások domináltak. A trágyázatlan kontroll parcellán mért elemfelvétel általában egy nagyságrenddel nőtt meg az együttes NP-túlsúly nyomán a bokrosodás végi, ill. kalászosítás kori hajtásban. A trágyahatások később mérséklődtek, a különbség elemektől függően 1,5-3,5-szörös volt betakarításkor. Ez alól a Zn jelentett kivételt. A Zn felvétel maximumát az N1P1 szinten találjuk, míg az N3P3 kezelésben mintegy 30 %-os csökkenés következett be a P-Zn ionantagonizmus miatt.
7. Az elemek beépülése általában megelőzte a szárazanyag gyarapodást, különösen a bőséges NP-kínálat esetén. A felvett N, P és K maximumait kalászosításkor, a Ca, Mg és Na maximális mennyiségeit pedig virágzáskor mutattuk ki a hajtásban. Ezt követően az érésig, részben a leszáradó lombbal, az őszi árpa elvesztette az NP-túlsúlyos parcellákon a N 1/3-át, a Ca, Mg, Na

1/2-ét, a K mintegy 60 %-át. A P-hiányos talajon ez a jelenség csak a K-nál jelentkezett mérsékelten. Mikroelemeknél a felhalmozás érésig kifejezett volt a P-kontroll talajon (Fe esetén az NP-kezelésekben is), míg az Mn, Zn és Cu felvett maximális mennyisége virágzáskor és aratáskor közelálló volt a NP-kezelésekben.

8. Az NPK ellátás javulásával (az NP-túlsúllyal) gyorsul az egyéb elemek felvétele a növény korai fejlődési stádiumaiban, tehát megváltozhat a felvétel dinamikája, valamint a növény fajlagos elemtartalma is. A maximális termésű NP parcellákon a fajlagos N mintegy 20, P és K 30, Na 100 %-kal nagyobb, míg a Mg 30, a Zn 45 %-kal kisebb értéket mutatott a kontrollhoz képest.
9. Az őszi árpa fajlagos, azaz az 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemtartalma a talaj ellátottságától függően az alábbiak szerint alakult: N 24-30, K₂O 14-19, CaO 6-7, P₂O₅ 8-11, MgO 3-4, Na₂O 2-4 kg. A Fe 170-200, Mn 50-60, Zn 24-42, Cu 5-6, g. A hazai szaktanácsadásban ajánlott 27 kg N, 10 kg P₂O₅ és 3 kg MgO fajlagos elemtartalmak jó egyezést mutattak saját eredményeinkkel, míg a 26 kg K₂O és a 10 kg CaO 35-40 %-os túlsúlyt jelzett.
10. Amennyiben kombájn betakarításnál csak a szemtermés távozik a tábláról, a K és Ca igény is minimálissá válik. Így pl. az átlagos 5 t/ha körüli szemtermésnél mindössze 10 kg Ca, ill. 30 kg K₂O veszteség jelentkezhet ha-onként, mely még savanyú vagy K-ban szegényebb talajokon sem számottevő. Meszes és K-ban gazdag kötöttebb talajokon ez a veszteség elhanyagolható.

5. Műtrágyázás hatása a zabra (*Avena sativa* L.) 1980

A zab vetésterülete alapján világviszonylatban az ötödik legfontosabb gabonaféle. Főként a hűvösebb éghajlatú területek fontos abraktakarmány növénye (Pirie 1975). A lóállomány visszaszorulásával jelentősége hazánkban csökkent, a korábbi terület egy tizedén, mintegy 50 ezer ha-on termesztjük az utóbbi időben. Ez a helyzet azonban megváltozhat, hiszen a zab sokoldalúan felhasználható. Nemcsak értékes zöldtakarmány és abraktakarmány, hanem emberi táplálék is. Élelmiszeripari feldolgozása iránti igény mint pl. zabpehely, zabliszt világviszonylatban nő (Szabó 1994).

A hazai szakirodalomban részletes összefoglalók taglalják e növény termesztésének kérdéseit (Mitrofanov és Mitrofanova 1970, Szabó et al. 1982), takarmányozási és élelmiszeripari vonatkozásait (Tarján és Lindner 1974, Szabó 1982, Lásztity 1996). Az ásványi táplálkozással foglalkozó áttekintő munkák külföldi tapasztalatokra épülnek (Primost 1965, Mengel 1976, Altman és Dittmer 1972). A szerzők S alakú vagy megközelítően S alakú görbével jellemzik a zab szárazanyag felhalmozásának menetét a tenyésztési folyamán (Mengel és Scharrer 1960, Schmidt 1961, Ragab et al. 1991, Primost 1965). A tápelemtartalom változásáról kevés adatot közölnek, főként a makro elemeket érintve megemlítik, hogy csökkenhet a K, Mg és $\text{NO}_3\text{-N}$ az előregedő növényben (Dale Smith 1960, Primost 1965, Mengel 1976).

Jelen munkánk célja, hogy adatokat szolgáltatassunk a zab szárazanyag felhalmozásáról és fontosabb elemeinek felvételéről. Mivel a talaj ellátottsága a hozamokat és az elemek felvételét döntően befolyásolhatja, olyan szabadföldi műtrágyázási tartam-kísérletet választottunk, ahol ez utóbbi tényező szerepét is figyelembe vehettük. A szaktanácsadás során a tápelemfelvétel adatai fontos kiindulópontul szolgálnak a tervezett termés trágyaigényének megállapításában. Minél több hazai adattal rendelkezünk, a szaktanácsadás annál hatékonyabbá válik, hiszen az előrejelzés megbízhatóságát a hazai háttérkutatások mélysége és szélessége szabhatja meg. A külföldi tapasztalatok csak iránymutatóul szolgálnak, de nem helyettesíthetik a hazai eredményeket.

A zab fajtája a holland származású Leanda volt, melynek termesztése a szokásos üzemi agrotechnikával és kombájn betakarítással történt. Növénymintákat a jelentősebb fenofázisokban vettünk parcellánként 4-4 folyóméter teljes földfeletti anyag felhasználásával bokrosodásban, szárba induláskor, kalászos idején és teljes éréskor. A növényi makro elemek meghatározására a kénsav + peroxidos, a mikroelemek mérésére a sósavas hidrolízist követően került sor. Adatainkat a kezelések főátlagjaiban közöljük elemekben megadva és száraztömegre vetítve. A biometria értékelést többtényezős varianciaanalízissel végeztük. Az 1980-as évben 603 mm csapadék hullott, kedvezett a zab fejlődésének.

5.1. Termés és elemtartalom alakulása a tenyésztési folyamán

A földfeletti szárazanyaghozam aratás idejére elérte a 10-12 t/ha mennyiséget. Az adatok arról tanúskodnak, hogy a felhalmozás menete a bokrosodástól a teljes

érésig folyamatos növekedést mutatott. Az egyes fejlődési fázisok között azonban jelentősek az eltérések. A kalászolást követő 5-6 hét alatt történt a betakarításkori teljes szárazanyag-tömeg 51 %-ának képződése. A szárazanyag közel fele-fele arányban oszlik meg a szem és a szalma között aratás idején (1. táblázat).

Az ellátottsági szintek hatásait elemezve megfigyelhető, hogy a zab K-igényét kielégíthette e vályog talajon trágyázás nélkül is, a K trágyázás feleslegesnek bizonyult. Ezzel szemben a P-ellátás növelése terméstebbleteket eredményezett minden fejlődési fázisban. A vegetatív szakaszban a N-trágyázás is szignifikáns tebbleteket produkált, míg a generatív stádiumban statisztikailag igazolható a termésdepresszió. Ez a termésnövekedés valójában csak a túltrágyázás nyomán következett be az évi 250 és 300 kg/ha N terhelésnél. A zab maximális N trágyaigénye a vegetatív szakaszban sem haladta meg a 100 kg/ha/év mennyiséget ezen a humuszos, közepes N-szolgáltatású talajon (1. táblázat).

1. táblázat Tápelemellátás hatása a zab szárazanyag gyarapodására, 1980

Tápelem	Ellátottsági szintek elemenként				SzD _{5%}	Átlag
hatása	0	1	2	3		
Bokrosodás (05. 04-én)						
N hatására	0,30	0,42	0,39	0,39	0,04	0,38
P hatására	0,21	0,31	0,42	0,55		0,38
K hatására	0,36	0,38	0,34	0,40		0,38
Szárbaszökés (05. 27-én)						
N hatására	2,39	3,91	4,03	4,36	0,39	3,67
P hatására	2,00	3,62	4,50	4,56		3,67
K hatására	3,46	3,66	3,85	3,71		3,67
Kalászföldelés (07. 01-jén)						
N hatására	4,39	5,84	5,72	5,60	0,47	5,39
P hatására	4,07	5,76	5,86	5,87		5,39
K hatására	5,70	5,70	5,98	6,10		5,39
Éréskor szem (08. 08-án)						
N hatására	5,72	5,57	5,08	4,92	0,28	5,32
P hatására	4,46	5,58	5,64	5,60		5,32
K hatására	5,33	5,29	5,37	5,30		5,32
Éréskor szalma (08. 08-án)						
N hatására	5,56	6,10	5,78	5,76	0,58	5,80
P hatására	4,19	5,57	6,28	7,15		5,80
K hatására	5,52	5,66	6,00	6,01		5,80
Éréskor szem + szalma (08. 08-án)						
N hatására	11,3	11,7	10,9	10,7	0,64	11,1
P hatására	8,6	11,2	11,9	12,8		11,1
K hatására	10,8	11,0	11,4	11,3		11,1

2. táblázat Tápelemellátás hatása a zab makroelemtartalmára, 1980

Fejlődési stádium	Ellátottsági szintek elemenként				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N % a N-szinteken						
Bokrosodás	4,38	5,28	5,26	5,68	0,32	5,15
Szárbaszökés	2,55	3,04	3,28	3,56	0,19	3,11
Kalászás	1,26	1,42	1,49	1,60	0,10	1,44
Szem	1,93	2,08	2,15	2,27	0,13	2,11
Szalma	0,35	0,56	0,72	0,84	0,05	0,62
P % a P-szinteken						
Bokrosodás	0,25	0,36	0,45	0,53	0,03	0,40
Szárbaszökés	0,26	0,33	0,36	0,39	0,03	0,33
Kalászás	0,15	0,19	0,22	0,22	0,02	0,20
Szem	0,30	0,35	0,38	0,40	0,03	0,36
Szalma	0,16	0,20	0,22	0,24	0,02	0,20
K % a K-szinteken						
Bokrosodás	4,20	4,49	4,72	4,94	0,31	4,59
Szárbaszökés	3,83	3,99	4,42	4,65	0,30	4,22
Kalászás	1,46	1,59	1,77	2,02	0,11	1,71
Szem	0,38	0,38	0,39	0,40	0,03	0,39
Szalma	1,56	1,77	2,03	2,31	0,17	1,92
Ca % a K-szinteken						
Bokrosodás	0,58	0,53	0,52	0,50	0,04	0,53
Szárbaszökés	0,52	0,46	0,43	0,44	0,04	0,46
Kalászás	0,33	0,30	0,28	0,27	0,05	0,29
Szem	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05
Szalma	0,48	0,40	0,41	0,33	0,09	0,41
Mg % a K-szinteken						
Bokrosodás	0,23	0,20	0,18	0,17	0,02	0,19
Szárbaszökés	0,17	0,16	0,15	0,14	0,02	0,16
Kalászás	0,16	0,16	0,14	0,14	0,02	0,15
Szem	0,12	0,12	0,12	0,12	0,01	0,12
Szalma	0,16	0,13	0,12	0,10	0,02	0,13

A 2. táblázatban bemutatott eredményekből látható, hogy a korral csökkent az átlagos N tartalom a vegetatív részekben, míg a szemben a N feldúsult. Hasonló képet mutatott a P % változása is, hiszen e két esszenciális elem arányosan épülhet be a szemképződő fehérje anyagába. A K % hígulása kifejezett a tenyészidő folyamán, aratáskor a szalmában akkumulálódik. A Ca tartalom mérsékelten süllyedt az idő előrehaladtával és a melléktermékben raktározódott. A szem mindössze 0,05 %-ban tartalmazta. Enyhén csökkenő volt az átlagos Mg tartalom is a növényi szövetekben, és közel azonos mennyiségben halmozódott fel a szemben és a szalmában.

Megemlítendő, hogy az intenzív hígulás a N és Mg esetében a bokrosodás és a kalászás közé esett, míg a K, Ca és P elemekben a szárbaszökés után következett be. Az is látható az adatokból, hogy a tápelemkoncentrációkat az ellátottság jelentősen módosította a tenyészidő folyamán. Így pl. a N % minden fejlődési fázisban ill. növényi részben megbízhatóan emelkedett a N trágyázás nyomán. Hasonló mondható el a P tartalomról a P ellátottság, ill. a K %-ról a K ellátottság függvényében történt változása kapcsán. A Ca és Mg esetében a kation antagonizmus jelensége nyilvánult meg a koncentrációk csökkenésében a K-ellátottság javulásával. Ez az antagonizmus jól nyomon követhető a szalma összetételében, viszont a szemtermés összetétele e tekintetben állandóbb, genetikailag védett, a K/Ca és K/Mg arányok viszonylag stabilak (2. táblázat).

3. táblázat Tápelemellátás hatása a zab mikroelemtartalmára, 1980

Fejlődési stádium	Ellátottsági szintek elemenként SzD _{5%}				Átlag	
	0	1	2	3		
Fe mg/kg a P-szinteken						
Bokrosodás	408	401	404	423	92	434
Szárbaszökés	87	84	97	97	13	92
Kalászás	183	201	209	232	44	206
Szem	102	114	116	125	26	114
Szalma	74	66	94	98	23	83
Mn mg/kg a P-szinteken						
Bokrosodás	157	156	154	158	10	156
Szárbaszökés	158	146	155	155	10	154
Kalászás	91	99	109	127	16	106
Szem	48	47	47	52	4	49
Szalma	110	119	132	148	12	127
Zn mg/kg a P-szinteken						
Bokrosodás	20	22	20	19	2	20
Szárbaszökés	22	16	13	12	3	16
Kalászás	20	14	12	10	2	14
Szem	22	16	13	13	2	16
Szalma	6	4	3	3	2	4
Zn mg/kg a N-szinteken						
Bokrosodás	17	20	22	22	2	20
Szárbaszökés	11	15	17	20	3	16
Kalászás	12	14	14	17	2	14
Szem	13	14	19	18	2	16
Szalma	2	3	4	5	2	4
Cu mg/kg a N-szinteken						
Bokrosodás	3,6	3,8	5,4	5,6	0,4	4,6
Szárbaszökés	1,9	2,6	2,8	3,3	0,3	2,6
Kalászás	3,3	3,4	3,1	4,2	0,5	3,5
Szem	13,3	10,4	12,8	16,4	3,6	13,2
Szalma	3,0	3,9	4,6	5,8	1,1	4,3

Ami a mikroelemeket illeti, az alábbiak állapíthatók meg. A Fe koncentrációja ugyan csökkenő a korrallal, de ez a tendencia nem egyenletes. Kifejezett hígulást mutatott a szárbaszökés fázisa. A Mn tartalom mérsékelten süllyedt az idővel és a szalmában dúsult, míg a Zn és Cu koncentrációja 3-4-szeresére nőtt a szemben a szalmához viszonyítva. A talaj javuló P-ellátottsága általában növelte a Fe és Mn koncentrációkat a növényi részekben, míg a Zn esetén az ismert P/Zn antagonizmus hatására a Zn mennyisége esetenként a felére csökkent. A bőséges N-ellátás viszont ellensúlyozhatja a Zn tartalmak csökkenését, ill. hasonló mérvű növekedést eredményezhet a fő tápelemeknél megnyilvánuló N/P antagonizmus nyomán. A Cu felvételét a N túlsúly serkentette (3. táblázat).

A kapott vizsgálati eredmények alapján az alábbi megállapítások tehetők:

1. A szárazanyag felhalmozódás a bokrosodástól a teljes érésig folyamatos növekedést mutatott. Legintenzívebb szakasza a kalászolást követő 5-6 hetes periódus volt, amikor a teljes földfeletti szárazanyag több mint fele képződött. A maximális 5-6 t/ha szemterméseket az évi 100 kg/ha N trágyázás, valamint a kielégítő P-ellátás biztosította. A K-trágyázás hatástalan maradt ezen a vályog (20 % agyagot tartalmazó) talajon.
2. A makro elemek koncentrációja a korrallal csökkent. A N és a P a szemben, míg a Ca és K a szalmában dúsult fel. A Mg közel azonos mennyiségben található a betakarítás kori fő- és melléktermékben. Látványosan nőtt a NPK tartalom a megfelelő NPK trágyázás nyomán, míg a Ca és Mg koncentrációk a K-ellátás függvényében csökkenést mutattak (K-Ca, K-Mg ionantagonizmus).
3. A koncentrációk mérséklődése az öregedő növényi szövetekben a főbb mikroelemeknél is megmutatkozott. A P-ellátás általában növelte a Fe és Mn, valamint közel felére csökkentette a Zn felvételét. A N-ellátás javulása viszont képes volt ellensúlyozni a P-indukálta Zn tartalom csökkenését. A N-bőség a Cu felvételére, ill. beépülésére is pozitív hatásúnak mutatkozott.

5.2. A zab elemfelvételéről

A következőkben bemutatjuk a növény fontosabb esszenciális makro- és mikroelemeinek felhalmozódását a földfeletti növényi szövetekben. Ismeretes, hogy a felvett elemek mennyiségi viszonyai nemcsak a tápelem-igényt jelezhetik, hanem a trágyaszükséglet megállapításában is iránymutatóul szolgálhatnak.

A N, P és a K felvétel eredményeit a tápelemellátottsági szintek és a fejlődési stádiumok szerint a 4. táblázatban tekinthetjük át. A bemutatott adatok szerint a N és a P ellátás javulásával szignifikánsan nőtt minden korban a beépült N mennyisége. A K ellátás a N felvételét érdemben nem befolyásolta, ezért taglalásától eltekintünk. Megállapítható, hogy az intenzív N felhalmozás a szárbaszökés fenofázisában jelentkezett, míg a kalászolás idejére előálló drasztikus N % csökkenés (hígulás) miatt a felvett N mennyisége átlagosan mintegy 40 %-kal mérséklődött. Aratáskor a szemtermésben találjuk a felvett N 3/4-ét, a szalma N-ben szegény. Az 5-6 t/ha maximális szemtermés és a vele járó 6-7 t/ha szalmatermés képződéséhez összesen 160 kg/ha N-t igényelt a zab ezen a talajon.

4. táblázat Tápelemellátás hatása a zab elemfelvételére, 1980

Fejlődési stádium	Ellátottsági szintek elemenként				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N kg/ha a N-szinteken						
Bokrosodás	13	22	21	23	3	20
Szárbaszökés	61	114	130	150	12	114
Kalászos	55	83	86	90	7	78
Teljes érés	129	150	151	160	9	148
szem	110	116	109	112	6	112
szalma	19	34	42	48	4	36
N kg/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	10	17	23	30	3	20
Szárbaszökés	69	113	139	133	12	114
Kalászos	59	82	89	84	7	78
Teljes érés	122	149	158	162	9	148
szem	98	114	121	114	7	112
szalma	24	35	37	48	4	36
P kg/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	0,5	1,2	1,9	2,9	0,2	1,6
Szárbaszökés	5,2	11,7	15,9	18,2	1,4	12,8
Kalászos	6,2	11,1	12,7	13,0	0,9	10,8
Teljes érés	20,2	30,4	34,6	38,8	1,9	31,0
szem	13,3	19,4	21,0	22,1	1,0	19,0
szalma	6,9	11,0	13,6	16,7	1,1	12,0
K kg/ha a K-szinteken						
Bokrosodás	15	17	18	20	2	18
Szárbaszökés	131	146	171	170	18	155
Kalászos	76	83	98	112	9	92
Teljes érés	107	120	141	162	11	132
szem	21	21	21	22	1	21
szalma	86	99	120	140	10	111

Megjegyzés: P x 2.29 = P₂O₅, ill. K x 1.20 = K₂O

A P felhalmozódása a N-hez hasonlóan a tenyésztő végéig tartott és a talaj P-ellátottságának javulásával látványosan emelkedett. Ismeretes, hogy különösen a fejlődés kezdeti szakaszában igényesek kultúrnövényeink a megfelelő P ellátásra. A felvett P mennyisége bokrosodás végére közel 6-szorosára, szárbaszökéskor 3-3.5-szeresére, míg kalászolás és teljes érés idején mintegy 2-szeresére emelkedik a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva. A P-ellátás egyaránt növelte a szárazanyag-hozamokat, valamint a növényi szövetek P %-át. Aratás idején a felvett P 61 %-át átlagosan a szemben, 39 %-át pedig a szalmatermésben találjuk. Az összes földfeletti termésbe épült P mennyisége elérheti a 39 kg P, ill. 80-90 kg P₂O₅ mennyiségét ha-onként (4. táblázat).

A Ca felhalmozása folyamatosnak tekinthető a tenyésztő során és maximumát aratás idejére éri el (5. táblázat). A P-ellátást a termést és a Ca %-át is

növelve mintegy megkétszerezte a felvett Ca mennyiségét, míg a K-ellátás az ismert K/Ca ionantagonizmus nyomán mérsékelte a Ca beépülését. Az összes földfeletti terméssel 27 kg/ha a kivont átlagos mennyiség, melynek 90 %-a a szalmában található. A szemtermés mindössze 3 kg Ca-ot akkumulált. Ismeretes, hogy a Ca az előregedés eleme, nem vándorol el az előregedő levelekből, növényi szervekből. A biológiai Ca-igény jelentősen meghaladhatja az általunk aratáskor mért mennyiséget, mert az elszáradt lehulló levelek Ca készletét nem tudtuk mintavételeinkkel figyelembe venni.

5. táblázat Tápelemellátás hatása a zab elemfelvételére, 1980

Fejlődési stádium	<u>Ellátottsági szintek elemenként</u>				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
Ca kg/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	1	2	2	3	1	2
Szárbaszökés	9	16	21	22	1	17
Kalászolás	11	16	19	19	2	16
Teljes érés	17	26	27	38	3	27
szem	3	3	3	3	1	3
szalma	15	23	24	35	3	24
Ca kg/ha a K-szinteken						
Bokrosodás	2	2	2	2	1	2
Szárbaszökés	18	17	16	16	1	17
Kalászolás	18	16	16	15	2	16
Teljes érés	29	26	28	24	3	27
szem	3	3	3	3	1	3
szalma	27	24	26	21	3	24
Mg kg/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	0,4	0,6	0,8	1,2	0,1	0,8
Szárbaszökés	2,8	5,6	7,3	8,2	0,6	6,0
Kalászolás	5,1	8,1	9,7	9,7	0,8	8,2
Teljes érés	9,7	13,9	14,5	17,7	1,0	13,9
szem	5,1	6,9	6,4	7,0	0,4	6,4
szalma	4,6	7,0	8,1	10,7	0,8	7,6
Mg kg/ha a K-szinteken						
Bokrosodás	0,8	0,8	0,7	0,7	0,1	0,8
Szárbaszökés	6,2	6,4	5,9	5,5	0,6	6,0
Kalászolás	8,7	8,4	7,9	7,6	0,8	8,2
Teljes érés	15,3	13,6	14,0	12,9	1,0	13,9
szem	6,5	6,3	6,2	6,4	0,4	6,4
szalma	8,8	7,3	7,7	6,5	0,8	7,6

A Mg felvételét a P-ellátás 2-3-szorosára növelte a vegetatív részekben, míg a K-ellátás nyomán a beépülés mérséklődött a K/Mg antagonizmus következtében. Felhalmozódása folyamatos és a tenyészidő végéig tart. A maximális akkumuláció kereken 18 kg/ha, melynek 40 %-át találjuk a szemben és 60 %-át a szalmatermésben. A K-mal igen jól ellátott parcellákon a szalma Mg felvétele

visszaszorul, így ott a Mg fele-fele arányban oszlik meg a fő- és a melléktermék között. Hasonló termésekkel 13-18 kg/ha Mg-ot vonunk ki a talajból (5. táblázat).

Mikroelemek közül a Fe és Mn akkumuláció analóg képet mutat. Mindkét elem felvétele általában 2-2,5-szeresére nőtt a javuló P-ellátással. Felhalmozódásuk a tenyészidő során folyamatos. Eltérés, hogy a felhalmozás maximális intenzitása Mn esetében a szárbaszökés, míg Fe esetén inkább a kalászosítás idejére esik. A teljes földfeletti termésbe kerekén 1-1,4 kg/ha Fe, ill. Mn épülhet be hasonló körülmények között. A felvett Fe mennyiségének mintegy 40-50 %-át, ill. a felvett Mn mennyiségének 25-30 %-át a szemben találjuk (6. táblázat).

6. táblázat	Tápelemellátás hatása a zab elemfelvételére, 1980					
Fejlődési	Ellátottsági szintek elemenként				SzD5%	Átlag
stádium	0	1	2	3		
Fe g/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	79	152	179	214	18	159
Szárbaszökés	200	310	380	460	30	340
Kalászosítás	590	1010	860	1170	90	910
Teljes érés	770	960	1240	1350	70	1080
szem	460	580	650	670	50	590
szalma	310	380	590	680	50	490
Mn g/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	33	48	64	86	6	58
Szárbaszökés	310	520	680	700	60	550
Kalászosítás	390	560	580	740	50	570
Teljes érés	670	940	1090	1360	80	1020
szem	210	280	270	300	100	270
szalma	460	660	820	1060	70	750
Zn g/ha a N-szinteken						
Bokrosodás	5	8	9	9	1	8
Szárbaszökés	27	54	64	74	6	54
Kalászosítás	51	74	78	88	8	73
Teljes érés	83	98	112	114	6	102
szem	72	77	94	87	2	82
szalma	11	21	18	27	2	21
Cu g/ha a P-szinteken						
Bokrosodás	1	1	2	3	1	2
Szárbaszökés	7	10	10	12	1	10
Kalászosítás	16	18	20	20	2	19
Teljes érés	77	94	103	109	6	96
szem	58	73	80	73	4	71
szalma	20	21	23	36	2	25

A Zn felvett mennyiségét statisztikailag igazolhatóan a N befolyásolta, éspedig növelte. A P-ellátás csökkentette a Zn koncentrációkat a P/Zn antagonizmus miatt, de arányosan növelte is a termést, így a két folyamat ellensúlyozta egymást. A K hatása nem jelentkezett. A N-ellátás javulásával a vegetatív részek Zn készlete

átlagosan megkétszereződik. A felhalmozás intenzív szakasza a szárbaszökés fenofázisa, amikor is az aratáskori Zn mennyiségének mintegy felét már a hajtásban találjuk. Az összes felvett 100 g/ha körüli Zn 80 %-át a szemtermés akkumulálja (6. táblázat).

7. táblázat Tápelemellátás hatása a zab fajlagos elemtartalmára*, 1980

Elemek jele	Ellátottsági szintek elemenként				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N-szinteken						
N kg/t	23	27	30	33	4	28
K kg/t	25	26	23	26	4	25
P kg/t	5	6	6	6	1	6
Cu kg/t	4	6	6	5	1	5
Mg kg/t	2	3	3	3	1	3
Fe g/t	225	174	197	217	39	203
Mn g/t	177	196	200	191	21	192
Zn g/t	14	18	22	23	4	19
Cu g/t	16	15	18	23	3	18
P-szinteken**						
N kg/t	27	27	28	29	4	28
K kg/t	23	22	27	27	4	25
P kg/t	4	5	6	7	1	6
Ca kg/t	4	5	5	7	1	5
Mg kg/t	2	2	3	3	1	3
Fe g/t	173	172	220	241	39	203
Mn g/t	150	168	193	243	21	192
Zn g/t	27	18	17	17	4	19
Cu g/t	17	17	18	20	3	18
K-szinteken***						
N kg/t	27	28	28	28	4	28
K kg/t	20	23	26	30	4	25
P kg/t	6	6	6	6	1	6
Ca kg/t	6	5	5	4	1	5
Mg kg/t	3	3	3	2	1	3
Fe g/t	182	193	212	223	39	203
Mn g/t	184	181	197	202	21	192
Zn g/t	18	20	20	19	4	19
Cu g/t	19	16	18	18	3	18

*1 t szem és a hozzá tartozó szalmatermés; ** $P \times 2.29 = P_2O_5$; *** $K \times 1.20 = K_2O$

A Cu beépülését a P-ellátás serkentett igazolhatóan. A felhalmozás maximuma a generatív szakaszra esett, ekkor vette fel a zab összes aratáskori Cu készletének mintegy 80 %-át. A Zn elemhez hasonlóan az 5-6 t/ha szemtermés és a

hozzá tartozó szalmatermés képződése 100 g körüli Cu mennyiséget igényelt. A felvett Cu csaknem 3/4-ét a szemben találjuk. Megemlítendő, hogy a Cu koncentrációt a N-ellátás javulása igazolhatóan növelte a növényi részekben. A N túlsúlya miatt előálló hozamcsökkenés miatt azonban e két folyamat kiegyenlítette egymást és így a N Cu-felvételt módosító hatása nem jelentkezett.

A 7. táblázatban a zab aratáskori fajlagos (1 t szem + a hozzá tartozó szalmatermés) elemtartalmát mutatjuk be az N, P és K ellátottság függvényében, melyek iránymutatóul szolgálhatnak a tervezett termés tápelem (trágya) igényének megállapításánál a szaktanácsadásban. Megállapítható, hogy a N 23-33, a K 20-30 (K_2O 24-36), a P 4-7 (P_2O_5 9-16), Ca 4-7, Mg 2-3 kg/t fajlagos értékekkel jellemezhető. Ami a mikroelemeket illeti, a Fe 170-240, a Mn 150-240, a Zn 14-27, a Cu 16-20 g/t fajlagos tartalmakat mutat. A fajlagos tápelemigény tehát széles határok között ingadozhat a tápláltság (ellátottság), ill. a felvételt módosító ionantagonizmusok vagy szinergizmusok eredményeképpen.

Vizsgálataink eredményei az alábbiakban foglalhatók össze:

1. Intenzív felhalmozás a szárbaszökés fázisában jelentkezett a N, P, K, Ca, Mg, Mn és Zn elemeknél, míg a Fe esetében a kalászolás, Cu esetében pedig az érés (a generatív szakasz) volt meghatározó az elemfelvételben.
2. Aratáskor a szemben találjuk átlagosan a N 76, a P 61, a K 16, a Ca 11, a Mg 46, a Fe 55, a Mn 26, a Zn 80, valamint a Cu 74 %-át. Megállapítható tehát, hogy a N, P, Zn, Cu főképpen a szemben, míg a K és Ca főként a melléktermékben akkumulálódik. A Fe és Mg közbülső helyet foglalhatnak el és közel fele-fele arányban osztoznak a fő- és melléktermésben. Kombájn betakarításnál, amikor a szalma a táblán marad, főként N és P tápelemekben szegényednek talajaink a zab termesztése során.
3. Az 5-6 t/ha zab szemterméssel és a hozzá tartozó szalmatermékkel kísérleti körülményeink között maximálisan 150-160 kg N, 150-170 kg K (K_2O 180-200 kg K_2O), 30-40 kg P (70-90 kg P_2O_5), 30-40 kg Ca, 15-18 kg Mg, 1,2-1,4 kg Fe, 1,1-1,4 kg Mn, 110-120 g Zn és 100-110 g Cu felvétellel számolhatunk.
4. A tervezett termés tápelem (trágya) igényének megállapításánál a szaktanácsadásban N 25-30, K_2O 25-30, P_2O_5 10-15, Ca 5-6, Mg 2-3 kg szükséglettel számolhatunk 1 t szemtermés + szalma előállításához. Fajlagos mikroelem-igény mintegy 200 g körüli Fe és Mn, valamint 20 g körüli Zn és Cu. A fajlagos tartalmak az ellátottság, ill. a felvételt módosító ionantagonizmusok és szinergizmusok eredményeképpen széles sávban ingadozhatnak.

6. Műtrágyázás hatása a cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) 1981

6.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az újabb kori irodalom egyetért abban, hogy a cukorrépa mélyrétegű, jó levegő- és vízgazdálkodású, tápanyagokban gazdag, enyhén meszes talajt kíván, ahol nagymennyiségű gyökér képződhet magas cukor %-kal. Kíváncsú a meleg és nedves április és május a lombképzéshez, hűvös és nedves nyár a gyökértömeg növekedéséhez, valamint a napos és száraz ősz a cukorfelhalmozáshoz. Fontos a megfelelő tőszám biztosítása és az egyenletes állománysűrűség, mert a túl kicsi és a túl nagy gyökerek egyaránt szegények cukorban. Az egy növényre számított víz- és tápanyagkínálat a döntő, ezért az öntözés és trágyázás normáit a tőszámhoz kell igazítani. A kötöttebb, üledett talaj lazítása elengedhetetlen (*Grábner 1948, Szemző 1966, Buzás 1978, Vajdai 1984, Ruzsányi 1981, Antal 1987*).

Cserhádi (1901) még nem hívja fel a figyelmet a lomb állapotára és az élettani lombváltás következményeire. Ha a nyári aszály vagy a lombkártévők tevékenysége következtében a lomb jelentős része leszárad, lehullik vagy elpusztul, majd az őszi esők nyomán a másodlagos levélképződés beindul, jelentős cukor-% csökkenéssel kell számolni. Az évhatások szerepét, jelentőségét helyesen látta meg, de a lombvédelem fontosságát, részben az akkori technikai lehetőségek miatt, nem ismerte fel. Hazai viszonyaink között lombvédelem nélkül többszöri levélváltás is bekövetkezhet bizonyos években, melyre már *Grábner (1948)* kifejezetten utalt.

A répa termésére és minőségére legnagyobb hatást a N-ellátás gyakorol. Ez a hatás összetett és sokirányú. Így pl. a N-bőség csökkenti a tőszámot, ezzel egyenletlen állományt eredményez sok nagyméretű, cukorszegény gyökérrel. Kifejezett N-igény a lomb- és gyökértömeg képzéséhez fontos, az őszi éréskor már hátrányos a N-bőség. A N-túlsúlyos "salétromrépa" sok lombot képez, az érés kitolódik, a gyökérben káros-N és hamualkotók halmozódnak fel, nehezen szeletelhető, romlik a létisztaság, eltarthatóság, betegség-ellenállóság és csökken a cukor %-a. A cukorképződést a kifejezett N-hiányos állapot serkenti.

A fiatalok fejlődés a könnyen felvehető P függvénye. Különösen nagy P-igény jelentkezik hideg tavaszon, amikor a gyökerek P-felvétele megnehezül. Később a répa nem igényes a talaj P-ellátottságával szemben, a trágyahatások elmosódnak, a hosszú tenyészidő alatt képes kielégíteni szükségleteit a közepesen ellátott talajon is. A P gyorsítja az érést, javítja az eltarthatóságot, így részben ellensúlyozhatja a N-túlsúly káros következményeit. A cukor %-át azonban érdemben nem módosítja. Javul ellenben a levél minősége, takarmányozási értéke, amennyiben nő a fehérje és csökken a káros oxálsav mennyisége. Az extrém P-túlsúly már mikroelem-hiányokat indukálhat és melasznövelő.

Az óriási K-felvétele ellenére ("kálinövény") a kötöttebb, K-ban gazdagabb talajokon nem jelez K-hiányt a növény, jó a K-feltevő képessége. Lazább talajon fellépő K-hiány esetén csökken a termés, cukor %-a, betegség ellenállás, eltarthatóság. Az erősen meszes talajok kedvezőtlen Ca-túlsúlyát és annak következményeit (indukált mikroelemhiány, sülevényesség, vízforgalmi zavarok a

növényben) a bőséges K-trágyázás ellensúlyozhatja. Az egyoldalú K-túlsúly azonban melasznövelő tényező és Mg-hiányt okozhat Mg-szegény talajon.

A II. világháborút, ill. az 1960-as éveket követően Ny-Európában, majd az 1970-es évek elejével Magyarországon is nőtt a műtrágyafelhasználás. A tápelemmérlegek pozitívumai miatt a talajok fokozatosan feltöltődtek N, P, K elemekkel. A cukorrépa élettana megváltozott, kitolódott érése, nőtt a lomb gyökérhez viszonyított aránya, csökkent a csírázóképesége, cukor %-a, létisztasága, kinyerhető cukor mennyisége, nőtt a nagyméretű cukorszegény gyökerek aránya, melyek hamualkotókban gazdag, rosszul tárolható és feldolgozható minőséget jelentettek (*Finck 1982, Geisler 1988, Kulcsár 1999*).

A kedvező 1962. évben pl. még kevés műtrágyát használtunk: digestió 18,6 %, kinyert cukor 15,1 %, melaszcukor 2,5 % volt, azaz az összes cukor kereken 81 %-a volt kinyerhető. A kedvezőtlen 1975. évben a digestió 11,5%, kinyert cukor 7,6 %, melaszcukor 2,9 % volt, azaz az összes cukornak csupán 66 %-a volt kinyerhető. Az ipar kétszer annyi répát dolgozott fel mint 1961-ben, mégis kevesebb cukrot termelt. A termelők "N-tébolya", esetenként 400-500 kg/ha N-adagokkal dolgoztak, valamint a rossz agrotechnika a kedvezőtlen évjáráttal párosulva a fajták jó tulajdonságait megsemmisítéssel fenyegette (*Buzás 1978, Vajdai 1984, Kulcsár 2000*).

Az 1970-es évek második felétől fokozatos javulás következett be, a túltrágyázás visszaszorult és javult a termesztési kultúra, valamint a répa minősége. Sajnos kevés egzakt kísérlettel rendelkezünk a répa trágyázása terén hazánkban. A továbbiakban egy szabadföldi NPK műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáljuk a cukorrépa termésének, minőségének és ásványi összetételének alakulását. Bemutatjuk a főbb tápelemek közötti kölcsönhatásokat, valamint ellenőrizzük a szaktanácsadásnak ajánlható talaj- és növényvizsgálati határértékeket, fajlagos elemtartalmakat.

6.2. Anyag és módszer

A cukorrépa fajtája a kísérlet 8. évében Beta Monopoli N-1 volt. A vetés 45x20 cm kötésben 04. 07-én történt, ezt megelőzően dolgoztuk a tavaszi N-műtrágyát a talajba. Botfűróval 04. 3-án talajmintát vettünk parcellánként 20-20 helyről a 0-60 cm rétegből, hogy az induló répa rendelkezésére álló NO₃-N készletet megállapítsuk. A répa csokrosítását 05. 19-én, kettelését 05. 22-én, egyelését 06. 03-án végeztük el. Az állomány állapotát akkor bonitálással is megbecsültük.

A sorok záródása idején 06. 29-én, majd lombváltáskor 08. 07-én parcellánként 20-20 teljesen fejlett fiatal levelet gyűjtöttünk és külön-külön elemeztük a levéllemezt, valamint a levélnyelet, hogy diagnosztikai célú információhoz jussunk. Bonitálást végeztünk levélbetegségekre 10. 26-án, ill. levélszáradásra betakarításkor 11. 02-án. Betakarítás előtt nettó parcellánként 8-8 átlagos gyökeres növényt gyűjtöttünk be a lomb és a gyökér ásványi elemeinek meghatározására. A betakarítás a gyökerek ekés kiemelésével történt, majd a teljes lefejezett gyökértermést parcellánként címkézett zsákokban Sopronhorpács Kutató Intézetébe szállítottuk ipari minőségvizsgálatokra.

A kísérlet 8 éve alatt lehullott csapadékösszegek megoszlását éves, negyedévenkénti és tenyészidő alatti bontásban az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy az 1980. év 4. negyedévében 247 mm eső hullott, a szerkezetes csernozjom tehát jelentős vízkészletet tárolhatott a répa számára. Az 1981. évben az első negyedév ugyanakkor viszonylag csapadékszegény volt. Ezt követően 04. hóban 6, 05-ben 45, 06-ban 101, 07-ben 42, 08-ban 53, 09. hóban pedig 40 mm csapadékot regisztráltunk. A répa tenyészideje alatt összesen alig 300 mm eső esett, mégis kielégítő répatermést nyertünk. A csapadék eloszlása ugyanis többé-kevésbé kielégítette a növény vízigényét, ill. a répa képes volt a talaj vízkészletét is hasznosítani.

1. táblázat A csapadékösszegek negyedévenként és a tenyészidő alatt(mm), 1980

Időszak évek	Éves összegek	Negyedévi összegek*				Tenyészidő alatt		Növényi sorrend
		1	2	3	4	IV-IX.	X-VI.	
1974	755	94	206	216	238	422	427	Búza
1975	681	74	211	284	112	495	523	Búza
1976	576	80	115	197	184	312	306	Kukorica
1977	522	144	125	131	121	256	453	Kukorica
1978	543	68	236	148	92	384	425	Burgonya
1979	535	128	110	128	169	238	330	Ő. árpa
1980	603	74	158	124	247	282	401	Zab
1981	516	57	153	135	172	288	456	C.répa

* 1=01 + 02 + 03.havi; 2=04 + 05 + 06. havi;3=07 + 08 + 09. havi; 4=10 + 11 + 12 havi csapadékösszegek

6.3. Talajvizsgálati eredmények

Amint a 2. táblázatban látható, a NH_4NO_3 formában adott N-műtrágya (pétisó) egy része még $\text{NH}_4\text{-N}$ formában maradt a talajban a bedolgozást követő egy hónap után is. A hűvös és száraz április folyamán a nitrifikáció nem ment teljesen végbe. Az altalajban, különösen a 40-60 cm rétegben az $\text{NH}_4\text{-N}$ forma mennyisége drasztikusan lecsökkent, sőt a 200-300 kg/ha N-adagolású parcellákban teljesen eltűnt. Az ásványi N-készlet döntő tömegét $\text{NO}_3\text{-N}$ formában találtuk, melynek mennyisége 144 és 552 kg/ha között változott a 0-60 cm rétegben és a N-trágyázás függvényében.

Az $\text{NH}_4\text{-N}$ forma nem tükrözte megfelelően a N-trágyázás múltját, tehát nem igazán alkalmas szaktanácsadási célokra. Figyelembevétele indokolt azonban a talaj ásványi N-készletének megítélésakor, különösen az $\text{NH}_4\text{-N}$ N-források alkalmazását követően és amennyiben a nitrifikáció folyamata gátolt (erősen savanyú vagy kötött levegőtlen talajokon, ill. hűvös vagy száraz talajkörnyezetben). Az ammóniumlaktát-oldható P és K készlete mindhárom vizsgált rétegben emelkedett a P és K trágyázásnak megfelelően, főként azonban a felső 0-40 cm réteg jelezte a dúsulást. A hazai cukorrépa-termesztési

szaktanácsadásban a táblák 0-60 cm NO₃-N, valamint AL-PK tartalmán kívül elfogadott az elektroultrafiltrációs (EUF) elemtartalom meghatározása is.

2. táblázat Az alkalmazott trágyázás és a talaj felvehető elemkészlete, 1981

Műtrágyázás, talajmintavétel	Kezelések, ill. ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
Adott hatóanyag kg/ha						
N évente	0	100	200	300	-	150
N 8 év alatt	0	800	1600	2400	-	1200
P ₂ O ₅ 8 év alatt	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O 8 év alatt	0	1000	2000	3000	-	1500
KCl kicserélhető NH ₄ -N, mg/kg a N-szinteken						
0 - 20 cm	5	7	20	24	4	14
20 - 40 cm	15	12	11	10	6	12
40 - 60 cm	7	3	0	0	3	3
KCl-oldható NO ₃ -N, mg/kg a N-szinteken						
0 - 20 cm	24	44	65	87	8	55
20 - 40 cm	16	32	47	66	8	40
40 - 60 cm	8	15	22	31	6	19
0-60 cm együtt, kg/ha a N-szinteken						
NH ₄ -N	81	66	93	105	18	87
NO ₃ -N	144	273	402	552	72	342
Összesen	225	339	495	657	108	429
AL-oldható P ₂ O ₅ mg/kg a P-szinteken						
0 - 20 cm	93	195	352	495	58	284
20 - 40 cm	82	170	312	498	41	266
40 - 60 cm	59	83	137	172	26	113
AL-oldható K ₂ O mg/kg a K-szinteken						
0 - 20 cm	137	200	248	365	27	238
20 - 40 cm	131	178	239	326	31	218
40 - 60 cm	102	116	120	156	23	124

A 3. táblázat a szántott réteg EUF-frakcióinak adatait foglalja össze. A 20 °C-on kapott NO₃+NO₂-N tartalma 15-ről 78 mg/kg értékre nőtt, megötszöröződött a növekvő N-kínálat nyomán. A 20 °C-os frakció P-koncentrációja 0,6-ről 2,2, a K-koncentráció 4,5-ről 15,4 mg/kg értékre emelkedett a P, ill. a megfelelő K trágyázási szinteken. Lábjegyzetben az Osztrák Szaktanácsadó Intézet (ÖDB) EUF-módszere ajánlott határértékeit (optimumait) is feltüntettük. Kísérletünk módját nyújt arra, hogy ezeket az optimumokat saját körülményeink között ellenőrizzük, amennyiben mindhárom elem hatását, sőt kölcsönhatásait is szabatosan vizsgálhatjuk.

A hazai cukorrépa-termesztési szaktanácsadásban a táblák 0-60 cm NO₃-N, valamint AL-PK tartalmán kívül elfogadott az elektroultrafiltrációs (EUF) elemtartalom meghatározása is. A 3. táblázat a szántott réteg EUF-frakcióinak adatait foglalja össze. A 20 °C-on kapott NO₃+NO₂-N tartalma 15-ről 78 mg/kg

értékre nőtt, megötszöröződött a növekvő N-kínálat nyomán. A 20 °C-os frakció P-koncentrációja 0,6-ról 2,2, a K-koncentráció 4,5-ről 15,4 mg/kg értékre emelkedett a P, ill. a megfelelő K trágyázási szinteken. Lábjegyzetben az Osztrák Szaktanácsadó Intézet (ÖDB) EUF-módszere ajánlott határértékeit (optimumait) is feltüntettük. Kísérletünk módot nyújt arra, hogy ezeket az optimumokat saját körülményeink között ellenőrizzük, amennyiben mindhárom elem hatását, sőt kölcsönhatásaikat is szabatosan vizsgálhatjuk.

3. táblázat NPK-műtrágyázás hatása a talaj szántott rétegének EUF-frakcióira
Analízis: MÉM NAK Békés megyei NAA. Békéscsaba, 1981

EUF frakciók mg/kg talajban	Kezelések, ill. ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
NO ₃ +NO ₂ -N, mg/kg						
20 °C-on	15	38	57	78	4	47
P mg/kg a P-szinteken						
20 °C-on	6	12	15	22	3	14
80 °C-on	9	15	18	26	3	17
80/20 °C	1,5	1,2	1,2	1,2	0,3	1,4
K mg/kg a K-szinteken						
20 °C-on	45	79	100	154	21	94
80 °C-on	38	60	72	102	20	68
80/20 °C	0,8	0,8	0,7	0,7	0,1	0,7
Ca mg/kg a N-szinteken						
20 °C-on	443	486	449	464	60	460
80 °C-on	444	521	458	447	82	468
80/20 °C	1,0	1,1	1,0	1,0	1	1,0
Na mg/kg a N-szinteken						
20 °C-on	24	28	27	25	4	26
80 °C-on	10	6	5	2	3	6
80/20 °C	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Mg mg/kg a N-szinteken						
20 °C-on	16	24	20	29	4	22
80 °C-on	14	14	13	11	4	13
80/20 °C	0,9	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6

ÖDB határérték (optimum) 20 °C-on, mg/kg: 13-21 P, 80-150 K, 400-500 Ca

6.4. Termés, minőség

Az 4. táblázatban a N-kísérlet eredményeit ismertetjük a 0-60 cm talajréteg NO₃-N készlete függvényében, melyre a N-igény számítása is épül a szaktanácsadásban. A 4-6 leveles korú fiatal répa N-igényét a táblázat bonitálási adatai szerint a trágyázatlan talaj N-kínálata is kielégítette, N-hatás még nem jelentkezett. A késői, 10. 26-án végzett bonitálások eredményei arra utaltak, hogy a levélbetegségek megjelenését részben a N túlsúlya elfedte. A lomb ezeken a parcellákon jelentős mértékben zöld maradt, ill. a levélszáradás csak vontatottan ment végbe a betakarítás idején (Lásd: 11. 02-i bonitálást levélszáradásra).

A gyökér/lomb aránya betakarításkor 4,5-ről 2,2-re szűkült a N-bőség nyomán. A N-túlsúly főként a lomb tömegét növelte, új levelek fejlődését serkentette, az érést lassította. A N-bőség nemkívánatos hatása megnyilvánult abban, hogy a kontrollon kapott tőszám 82 ezerről 66 ezer/ha-ra csökkent, azaz 20 %-kal mérséklődött. Az átlagos gyökértömeg viszont ugyanitt 568 g-ról 835 g-ra, tehát 47 %-kal megnőtt. Maximális gyökértermés a 100 kg/ha/év N-adagnál, azaz a 273 kg/ha 0-60 cm NO₃-N-készletnél jelentkezett. A lombtermés még mérsékelten tovább emelkedett a növekvő N-kínálattal, elérve a 24,3 t/ha friss tömeget (4. táblázat).

4. táblázat N-ellátás hatása a cukorrépára, 1981 (32 ismétlés átlagai)

Vizsgált jellemzők	NO ₃ -N kg/ha vetéskor (0-60 cm talaj)				SzD _{5%}	Átlag
	144	273	402	552		
4-6 leveles állapot ¹	3,1	3,5	3,2	3,3	0,3	3
Levélbetegségek ²	3,6	2,1	1,9	2,3	0,5	2,5
Levélszáradás ³	3,4	2,0	1,7	1,4	0,4	2,1
Gyökér/lomb aránya	4,5	2,6	2,3	2,2	0,4	2,9
Tőszám 1000 db/ha	82	77	71	66	4	74
Gyökérsúly g/db	568	725	768	835	70	722
Gyökértermés t/ha	45,7	55,7	54,1	53,8	2,25	2,3
Lombtermés t/ha	10,1	21,3	23,8	24,3	2,21	9,9
Együtt t/ha	55,8	77,0	77,9	78,1	4,0	72,2
Digestió %	19,4	18,2	17,4	17,0	0,21	8,0
Tisztított cukor %	16,5	15,0	13,8	13,3	0,21	4,7
Melasz %	2,8	3,2	3,5	3,6	0,2	3,3
Káros-N meé/100 g	4,6	6,2	8,2	8,8	1,1	6,9
K meé/100 g	5,4	5,8	5,9	6,0	0,3	5,8
Na meé/100 g	0,8	1,2	1,4	1,4	0,2	1,2
Nyerscukor t/ha	8,8	10,1	9,4	9,2	0,5	9,4
Tisztított cukor t/ha	7,5	8,3	7,5	7,2	0,3	7,6

1 - 05. 27-én (1 = nagyon fejletlen, 5 = nagyon fejlett egészséges állomány)

2 - 10. 26-án (1 = levélbetegség nyomokban, 5 = erősen beteg levélfelület)

3 - 11. 02-án (1 = zöld levélzet, 5 = lomb már kb 50 %-ban leszáradt)

A digestió maximumát (19,4 %) a 8 éve N-nel nem trágyázott talajon mutatta, melyet a N-túlkínálat 17,0 %-ra mérsékelte. A digestióval párhuzamosan 16,5 %-ról 13,3 %-ra süllyedt a tisztított cukor, valamint ezzel ellentétesen 2,8 %-ról 3,6 %-ra emelkedett a melasz mennyisége. A káros-N mennyisége az erősödő N-kínálattal 4,6-ről 8,8 meé/100 g értékre ugrott, csaknem megduplázódott. Mérsékelten nőtt a K, ill. kifejezettebben a Na mennyisége is ugyanitt. A K 5,4-ról 6,0, míg a Na 0,8-ról 1,4 meé/100 g-ra emelkedett. Összehasonlításképpen megemlítjük, hogy Ruzsányi (1981) 1978-ban Nagyhegyesen végzett műtrágyázási kísérletében a

káros-N 2,8-ről 5,5-re, a K 5,0-rol 5,3-ra, a Na 1,2-rol 3,4 meé/100 g értékre nőtt az NPK műtrágyázással. Kulcsár (1999, 2000) N-műtrágyázási kísérletében az évjáráttól függően Sopronhorpácson 1-2, míg Mezőhegyesen 4-8 meé/100 g káros-N, ill. kereken 0,5 és 2,9 meé/100 g Na-tartalmakat mért a két eltérő termékenyséű termőhelyen.

A mai répáinkban átlagosan 75 % víz, 18 % cukor és 7 % ún. nem-cukor anyag található, tehát a szárazanyag friss répatestben 25 % körüli. A nem-cukor összetevőkhöz tartozik a mintegy 4 % rost és 3 % oldható szerves és ásványi (hamu) anyag. Szerves vegyületek a fehérjék, amidok, amino- és betain-N, különféle aminosavak, egyéb szerves savak stb. Az oldható hamu főbb összetevői a K, Na, Ca, Mg, P, Cl, Si elemek sói, valamint a Fe és Al oxidjai. A gyártás során előálló cukorvesztéséget főként a K^+ és Na^+ ionok, valamint az amino-N és a betain-N okozza, mivel olyan komplex vegyületeket képeznek, amelyek akadályozzák a cukor kristályosítását (Buzás 1978, Vajdai 1984, Kulcsár 1999).

A fehérje a léből könnyen kicsapható, az amid-N és az NH_4 -N pedig a léből főzéskor távozik, ezért az ún. "káros-N" = összes-N-(fehérje-N + amid-N + NH_4 -N). Ez a káros-N az oldható hamu bázisaival sókat képez, csökkentve a kristályképződést, ill. növelve a melaszecukor mennyiségét. Kulcsár (1999) szerint Herzfeld már 1888-ban bizonyítja, hogy a N-túltáplálás a káros-N felhalmozódását eredményezi. Megállapítható, hogy a cukorrépa minőségét egyedül a digestió, a cukor %-a teljeskörűen nem jellemezheti. Fontos a kinyerhető cukor mennyisége, ill. a cukor/nem-cukor részek aránya. Ezt tükrözi a tisztasági hányados is, mely a cukortartalmat a szárazanyag %-ában fejezi ki: pl. 16 % cukor és 20 % szárazanyag esetén a $Q=80$ %. A gyárak elvárása minimálisan 75 %-os tisztaság.

Az elméleti cukorhozamot a gyökértermés és a cukor %-ának szorzata képezi. Az ún. tiszta vagy nettó cukorhozam ma már klasszikusnak mondható képlet szamszerűen is figyelembe veszi a hamualkotók és a káros-N jelenlétét, befolyásukat a cukorkihozatalra: 1 rész oldható hamu 5, míg 1 rész káros-N 25 rész cukrot visz a melaszba. Az így számolt nettó cukorhozam t/ha =

$$= \frac{\text{gyökértermés t/ha} \times [\text{cukor \%} - (\text{oldható hamu \%} \times 5 + \text{káros-N \%} \times 25)]}{100}$$

A nyerscukor maximális hozamát a 100 kg/ha/év adagnál kaptuk 10 t/ha mennyiségben. A további N-túlsúly igazolhatóan 0,9 t/ha veszteséget okozott. A tisztított cukor ugyanitt 8,3, ill. 7,2 t/ha értéket mutatott. A N-túltrágyázás tehát 1,1 t/ha tisztított cukor veszteséget okozott, nem beszélve a feleslegesen kiadott drága N-műtrágyáról, mely óriási károkkal járhat a talajvizek szennyezése nyomán. Lássuk a továbbiakban a P-kísérlet eredményeit, melyeket az 5. táblázatban tüntettünk fel.

A fiatal répa mérsékelten P-igényesnek mutatkozott, de a kereken 200 mg/kg $AL-P_2O_5$ tartomány felett már nem reagált a P-kínálatra. A kielégítő 200 mg/kg körüli ellátottsággal mérséklődött a levélbetegségek megjelenése és gyorsult az érés, a lomb elszáradása a tenyészidő végén. Itt jelentkezett a maximális körüli gyökér- és lombtermés. A gyökér/lomb arányát, a ha-onkénti tőszámot a P-ellátás érdemben nem befolyásolta, bár a tőszám 4 ezerrel csökkent az extrém P-túlsúly

nyomán. A digestió és a tisztított cukor átlagosan 0.5 %-kal (igazolhatóan) mérséklődött a javuló P-ellátással, míg a melasz %-a nem változott.

5. táblázat P-ellátás hatása a cukorrépára, 1981 (32 ismétlés átlagai)

Vizsgált jellemzők	Ammonlaktát-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%} 58	Átlag 284
	93	195	352	495		
4-6 leveles állapot ¹	1,9	3,6	3,8	3,8	0,3	3,3
Levélbetegségek ²	3,1	2,2	2,4	2,1	0,5	2,5
Levélszáradás ³	2,5	2,0	2,1	1,8	0,4	2,1
Gyökér/lomb aránya	2,8	2,5	2,5	2,7	0,4	2,9
Tőszám 1000 db/ha	75	75	74	71	4,0	74
Gyökérsúly g/db	672	725	745	748	70	722
Gyökértermés t/ha	49,4	53,5	54,1	52,2	2,2	52,3
Lombtermés t/ha	17,7	21,5	21,3	19,2	2,2	19,9
Együtt t/ha*	67,1	75,0	75,4	71,4	4,0	72,2
Digestió %	18,4	17,7	17,9	17,9	0,2	18,0
Tisztított cukor %	15,1	14,4	14,6	14,6	0,2	14,7
Melasz %	3,4	3,3	3,3	3,3	0,2	3,3
Káros-N meé/100 g	7,3	7,0	7,1	6,4	1,1	6,9
K meé/100 g	5,9	5,7	5,7	5,8	0,3	5,8
Na meé/100 g	1,1	1,3	1,2	1,3	0,2	1,2
Nyerscukor t/ha	9,1	9,5	9,6	9,3	0,5	9,4
Tisztított cukor t/ha	7,4	7,7	7,8	7,6	0,3	7,6

1 - 05. 27-én, 2 - 10. 26-án, 3 - 11. 02-án (Jelölést lásd 4. táblázat)

* A gyökér átlagosan 30 %, a lomb 15 % légszáraz anyagot tartalmazott. A lombsúly augusztus közepén még közel kétszeres mennyiséget jelzett.

Statisztikailag nem igazolható a káros-N, valamint a K és Na tartalmának változása a P-ellátottság függvényében a gyökértestben. Összességében megállapítható, hogy bár a gyökértermés enyhén (4 t/ha) nőtt a javuló P-állapottal, ezt a növekedést viszont a digestió romlása ellensúlyozta, így sem a nyerscukor, sem a tisztított cukor hozama igazolhatóan nem változott. A cukorrépa tehát nem tekinthető a talaj P-ellátottságával szemben igényes kultúrnövénynek, hiszen a 8 éve foszforral nem trágyázott és gyengén ellátott talajon sem mutatott érdemi P-hatásokat. A répa P-igényét a 150-200 mg/kg AL-P₂O₅ ellátottság kielégítheti. Az a következtetés is levonható ugyanakkor, hogy a P-trágyázással a N-túlsúly káros hatása nem ellensúlyozható. Az 5. táblázat adatai ugyanis az N és K kezelések átlagait tükrözik.

A 6. táblázatban közölt K-kísérlet (NP-kezelések átlagai) eredményei szerint a fiatal 4-6 leveles répa fejlődését a javuló K-ellátás előmozdította. A bonitálási

adatok arra utalnak, hogy némileg gyorsult a répa érése, a lomb elszáradása. A gyökér/lomb aránya nem módosult, nőtt viszont a betakarításkori tőszám. A javuló K-ellátás tehát részben képes volt ellensúlyozni a N-túlsúly káros hatását. A gyökértermés mérsékeltén, 6 t/ha-ral emelkedett, a lombtermés tömege nem változott. A digestió 0,5-0,7 %-kal javult, a tisztított cukor %-a viszont nem változott, mert a melasz cukor 2,8-ról 3,8 %-ra nőtt.

6. táblázat K-ellátás hatása a cukorrépára, 1981 (32 ismételtes átlagai)

Vizsgált jellemzők	Ammonlaktát-oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	137	200	248	365		
4-6 leveles állapot ¹	2,2	3,3	3,8	3,9	0,3	3,3
Levélbetegségek ²	2,2	2,6	2,3	2,7	0,5	2,5
Levélszáradás ³	1,8	2,1	2,0	2,5	0,4	2,1
Gyökér/lomb aránya	2,5	2,6	2,6	2,8	0,4	2,9
Tőszám 1000 db/ha	68	74	75	78	4,0	74
Gyökérsúly g/db	718	738	740	695	70	722
Gyökértermés t/ha	47,7	53,8	54,3	53,4	2,2	52,3
Lombtermés t/ha	18,9	20,7	20,8	19,3	2,2	19,9
Együtt t/ha*	66,6	74,5	75,1	74,7	4,0	72,2
Digestió %	17,5	18,0	18,2	18,2	0,2	18,0
Tisztított cukor %	14,7	14,8	14,7	14,5	0,2	14,7
Melasz %	2,8	3,2	3,5	3,8	0,2	3,3
Káros-N meé/100 g	7,0	6,8	6,9	7,0	1,1	6,9
K meé/100 g	4,3	5,6	6,3	6,9	0,3	5,8
Na meé/100 g	1,1	1,2	1,3	1,3	0,2	1,2
Nyerscukor t/ha	8,3	9,7	9,8	9,7	0,5	9,4
Tisztított cukor t/ha	7,0	7,9	7,9	7,7	0,3	7,6

1 - 05. 27-én, 2 - 10. 26-án, 3 - 11. 02-án (Jelölést lásd 4. táblázatban)

* A gyökér átlagosan 15,6, a lomb 3,4, együtt 19,0 t/ha légszárazanyag hozam

A K-ellátás nem befolyásolta a káros-N mennyiségét, emelte viszont jelentősen, 4,3-ról 6,9 meé/100 g értékre a K és mérsékeltén a Na koncentrációját. Összességében megállapítható, hogy a cukorrépa optimális K-ellátottsága hasonló talajokon 200 mg/kg AL-K₂O tartalomnál jelentkezhet. A kontrollhoz viszonyítva ez a tartomány igazolható 1,4 t/ha nyers cukorhozamot, ill. 0,9 t/ha tisztított cukorhozamot eredményezett. A közepesen ellátott talajok felvehető K-készletét célszerű tehát K-trágyázással a kielégítő szintre növelni, ill. fenntartó trágyázással ezen a szinten tartani (6. táblázat).

A 7. táblázatban az N, P és K kezelések hatását tanulmányozhatjuk a cukorrépa levéllemezőnek és a levélnyelnek tömegére, valamint légszáraz anyag %-ára.

7. táblázat NPK-ellátás hatása a cukorrépa lombra, 1981 (g/20 db növény)

Vizsgált jellemzők	Kezelések, ill. ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N-szinteken, g/20 db légszáraz levél						
Levéllemez ¹	44	62	74	79	5	65
Levéllemez ²	52	77	85	91	6	76
Levélnyel ¹	27	39	42	43	3	38
Levélnyel ²	25	46	51	51	5	43
N-szinteken, légszáraz anyag %-a						
Levéllemez ¹	11	11	11	12	1	11
Levéllemez ²	17	17	18	18	1	17
Levélnyel ¹	13	9	8	7	1	9
Levélnyel ²	14	12	12	12	1	12
P-szinteken, g/20 db légszáraz levél						
Levéllemez ¹	58	65	66	70	5	65
Levéllemez ²	77	76	76	77	6	76
Levélnyel ¹	30	40	40	42	3	38
Levélnyel ²	39	45	45	44	5	43
K-szinteken, g/20 db légszáraz levél						
Levéllemez ¹	64	64	68	63	5	65
Levéllemez ²	73	77	76	78	6	76
Levélnyel ¹	31	38	42	40	3	38
Levélnyel ²	36	45	44	48	5	43
K-szinteken, légszáraz anyag %-a						
Levéllemez ¹	12	11	12	11	1	11
Levéllemez ²	19	18	17	16	1	17
Levélnyel ¹	9	9	8	8	1	9
Levélnyel ²	13	12	12	12	1	12

1 - 06. 29-én, 2 - 08. 07-én. A P-szinteken 10 %-ról 12 %-ra nőtt a légszárazanyag tartalom 06.29-én a levéllemezben.

A N-ellátással párhuzamosan nőtt mind a levéllemez, mind a levélnyel légszáraz tömege mindkét mintavételi időpontban. A szárazanyag %-a nőtt a korral, az előregedéssel. A nyél nedvdúsabb, több vizet tartalmaz, mint a lemez. A N-túlsúly a nyél szárazanyag-tartalmát csökkentette, különösen a korai mintavétel idején. A kontrollhoz viszonyítva a kielégítő P-ellátottság (P1 szint) megnövelte a levéllemez és a levélnyel tömegét a korai mintavétel idején. A késői mintavételnél a P-hatás kevésbé kifejezett, a répa kielégítette P-igényét a P-ral nem trágyázott talajon is. A javuló K-ellátással mindkét mintavételi időpontban igazolhatóan és jelentősen nőtt a levélnyel tömege. A szárazanyag %-a tendenciájában vagy igazolhatóan csökken a lemezben és a nyélben egyaránt a K-túlsúly nyomán.

Főbb eddigi eredményeink az alábbiakban foglalhatók össze:

1. **Nitrogén.** Maximális gyökértermést (55,7 t/ha) és tiszta cukorhozamot (10,1 t/ha) a 100 kg/ha/év N-kezelés adta. Digestió maximumát (19,4 %) a 8 éve N-nel nem trágyázott parcellákon kaptuk. A növekvő N-túlsúly nyomán a gyökér/lomb

aránya 4,5-ről 2,2-re szűkült, a tőszám betakarításkor 82 ezerről 66 ezerre csökkent, az átlagos gyökértömeg pedig 568 g-ról 835 g-ra emelkedett. Ugyanitt a digestió és a tisztított cukor 2-2,5 %-kal mérséklődött, a melasz 2,8 %-ról 3,6 %-ra, a káros-N 4,6-ről 8,8 meé/100 g-ra nőtt. Igazolhatóan, 0,6 meé/100 g értékkel magasabb K és Na koncentrációk is felléptek.

2. **Foszfor.** A cukorrépa nem P-igényes növényünk, érdemi P-hatásokat nem mutatott ezen a P-ral gyengén ellátott talajon. Az optimális AL-P₂O₅ tartomány hasonló meszes vályog talajokon 150-200 mg/kg értéknél jelentkezhet. A N-túlsúly káros hatásait a növekvő P-ellátással nem ellensúlyozhattuk.
3. **Kálium.** Az optimális AL-K₂O tartomány 200 mg/kg értéknél jelentkezett és a növekvő K-ellátás részben képes volt a N-túlsúly negatív következményeit ellensúlyozni: mérsékelte a tőszámcsökkenést, 0,5-0,7 %-kal növelte a digestiót, valamint 1,4 t/ha nyers, ill. 0,9 t/ha tisztított cukorhozam-többletet eredményezett. A tisztított cukor %-át viszont nem módosította, mert a K-túlsúllyal a gyökér K-tartalma is 4,3-ról 6,9 meé/100 g-ra, a melasz 2,8-ról 3,8-ra emelkedett.
4. A vetéskori 0-60 cm talajréteg NO₃-N készlete alapul szolgálhat a N-igény megítéléséhez, ez a N-készlet műtrágya egyenértékű és jól tükrözi a talaj N-szolgáltatását. Az EUF módszerrel kapott 20 °C-os frakció optimumait az alábbi határkoncentrációk jelezhetik hasonló talajok szántott rétegében: NO₃+NO₂-N 3-4, P 1-1,5, K 8-10 mg/kg. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.

6.5. Elemtartalom és elemfelvétel

A répa fejlődésének első szakaszában főként asszimilációs szervét fejleszti, a kelést követő első 2 hónapban a levélképződés dominál. Majd a lomb elérve maximális méreteit a gyökérrel táplálja. Végül a levelek tömege csökken, tápanyagai a gyökérbe vándorolnak (*Wagner 1932, Lüdecke és Müller 1965*). A répa fejlődését jól jellemzi a gyökér/lomb arányának változása a tenyészidő folyamán. *Izsáki (1984)* pl. júniusban 0,6, júliusban 0,9, augusztusban 1,7, szeptemberben 1,8, októberben 2,6 gyökér/lomb tömegarányt mért Szarvason. Ősszel a cukorberakódás növeli a gyökerek tömegét.

A tervezett répatermés tápelemigényét fajlagos tartalma alapján becsüljük a szaktanácsadásban, azaz 10 t gyökér + a hozzá tartozó lomb átlagos összetétele alapján. *Bocz (1976)* 45 kg N, 15 kg P₂O₅ és 60 kg K₂O igénnyel számol. *Antal (1987)* 35 kg N, 15 kg P₂O₅, 55 kg K₂O mennyiséget javasol. *Vajdai (1984)* 15-46 kg N, 7-33 kg P₂O₅, 21-65 kg K₂O tág határokat ad meg, jelezve hogy a vegetatív répa összetétele a termőhely függvénye, e növény luxusfelvétele számottevő lehet. *Buchner és Sturm (1985)* adatai meglehetősen elfogadottak az újabb kori német szakirodalomban: 40-55 kg N, 15-20 kg P₂O₅, 60-100 kg K₂O, 10-20 kg MgO, 4-8 kg S, 110-250 g Mn, 60-75 g B. *Izsáki (1991)* szerint az átlagos fajlagos igény 42 kg N, 19 kg P₂O₅, 65 kg K₂O, 9 kg CaO, 17 kg MgO, 810 g Fe, 300 g Mn, 64 g Zn, 14 g Cu, 70 g B. Ezeket a fajlagos értékeket javasolja a szaktanácsadásnak *Debreczeniné (1999)* is.

A répa rendkívül elasztikus összetétele tükrözi a termőhely viszonyait. *Kulcsár (1999)* említi, hogy a Ny-Dunántúl talaj és éghajlati körülményei között a

magyar cukorrépa inkább a Ny-európai, míg az Alföldön termett a kontinentális vagy mediterrán répához áll közelebb. Így pl. a sopronhorpácsi kísérletben a 300 kg/ha N-nel kezelt répatest kevesebb amino-N-t tartalmazott, mint Mezőhegyesen a N-nel egyáltalán nem trágyázott. Az évjárat is befolyásolja az összetételt, a káros-N mennyisége száraz évben 2-3-szorosára nőtt.

Sopronhorpács kilúgzott barna erdőtalaján a gyökerek Na %-a 0,27-ről 0,02-ra zuhant érés idejére, míg Mezőhegyes meszes-humuszos csernozjom talaján a 0,47 % Na-koncentráció érésig nem változott. A horpácsi talaj 41, a mezőhegyesi 833 mg/kg oldható Na-készlettel rendelkezett. A két extrém termőhely között 23-szoros eltérést tapasztaltak a gyökér, valamint 50 %-os eltérést a lomb Na-koncentrációjában. Mindez tükröződött a fajlagos Na-tartalomban, mely 6 és 33 kg, míg a N 19 és 76 kg között változott (Kulcsár 2000). A fontosabb, kézikönyv jellegű magyar, német és orosz nyelvű forrásmunkákban 25-65 kg N, 6-21 kg P₂O₅, 38-107 kg K₂O szélső fajlagos tartalmak találhatók (Kádár 1979). Ugyanitt a takarmánypárára adott szélső értékek még nagyobb szórást mutatnak: 20-100 kg N, 3-45 kg P₂O₅, 29-145 kg K₂O.

Elvi kérdésként vetődik fel, hogy mely irányszámokkal dolgozzon a szaktanácsadás? Korábban elfogadottak az átlagos fajlagos tartalmak voltak átlagos termőhelyi viszonyok alapján. Az 1970-es évekkel, a növekvő műtrágyahasználattal, ill. a túltrágyázással nőttek a fajlagos mutatók is, tehát egy ördögi kör kezdett kialakulni. A talaj N-szolgáltatását, az ott felhalmozódó NO₃-N készletet nem vették figyelembe, így a répa minősége drasztikusan romlott. Mivel az érés kori minőség és a N-kínálat között negatív összefüggés áll fenn, kielégítő N-szolgáltatással rendelkező talajainkon a minimális körüli fajlagos mutatókkal kell dolgoznunk a szaktanácsadásban.

A répa túltrágyázása főként a hagyományos német kultúrkör (így Közép-Európa) országait érintette, míg az angolszász világban kevésbé jelentkezett. A jelenség szemléleti háttere, hogy a német kultúrkörben ma is meghatározó a liebigi "visszapótlás" alapelve. Részben üzleti okokból még a jól ellátott talajokon is teljes visszapótlást írunk elő, eközben hajlamosak vagyunk a talaj kínálatát nem figyelembe venni mondván, hogy ezzel "fenntartjuk" a jó ellátottságot. Az angolszász országok szemlélete ma sem mérlegcentrikus. Nem a fajlagos igényre építenek elsősorban, hanem a talajvizsgálatokra és a gazdaságos trágyahatásokra, melyeket szabadföldi kísérletekben állapítanak meg (Cooke 1965, *Agronomy Handbook* 1984).

Kézikönyveink és újabb szaktanácsadási kiadványaink is hangsúlyozzák a répa K-igényességét és ennek megfelelően még a kötöttebb, K-mal jól ellátott talajokon is 200-300 kg/ha K₂O javasolt a 40-50 t/ha gyökérterméshez. Főként a német szakirodalom és talán az üzleti elvárások szellemében (Bocz 1976, Antal 1987, Loch et al. 1993, Debreczeniné 1999). Cserhádi (1901) megállapításáról elfelejtkezünk: "Mivel nálunk a répát kötött és középkötött talajon termesztjük, a német tapasztalatoktól eltérően a K-műtrágyázás felesleges. A talaj K-készletét a répa jól hasznosítja". Hozzátehetjük, hogy a talaj N és P készletét hasonlóképpen jól hasznosítja.

A továbbiakban vizsgáljuk a cukorrépa (Beta Monopoli N-1) makro- és mikroelem felvételét a talaj NPK-kínálata függvényében. Választ keresünk arra is, hogy milyen mérvű különbségek adódhatnak a fajlagos elemtartalmakban a

tápláltság hatására, mekkora lehet a répa potenciális elemfelvétele, hogy járulhat hozzá a talajkimerüléshez és mely irányszámokkal dolgozzunk a szaktanácsadásban?

A 8. táblázatban a kezelések függvényében tanulmányozhatók azok a maximum és minimum jellemzők a cukorrépa kísérletünkben, melyeket az extrém tápelemhiány vagy tápelemtúlsúly indukálhat. Amint a bemutatott adatokból látható, a levéllemez tömege kétszeres, míg a nyél 3-4-szeres különbségeket mutatott. Hasonló változásokat jelzett a gyökér/lomb aránya, a lombtermés tömege, a káros-N és a Na koncentrációja a gyökértestben betakarításkor.

8. táblázat Minimum és maximum jellemzők a cukorrépa kísérletben, 1981

Vizsgált jellemzők		Minimum	Maximum
Levéltömeg g/20 db (zöld)			
Levéllemez	06. 29-én	350	815
Levéllemez	08. 07-én	275	515
Levélnyel	06. 29-én	150	780
Levélnyel	08. 07-én	140	460
Betakarításkor 11. 02-án			
Gyökér/lomb aránya		2,07	6,70
Tőszám 1000 db/ha		53,3	92,2
Átlagos gyökértömeg g/db		490	910
Gyökértermés t/ha		41,6	56,3
Lombtermés t/ha		9,7	24,6
Együtt t/ha		51,3	80,9
Digestio %		17,0	19,3
Tisztított cukor %		12,7	16,7
Melasz %		2,39	4,24
Káros-N meé/100 g		3,00	9,02
K meé/100 g		4,32	7,44
Na meé/100 g		0,85	2,00
Nyerscukor t/ha		7,0	10,4
Tisztított cukor t/ha		6,3	9,0

Megdöbbenő, hogy milyen mérvű tőszámcsökkenéshez vezethet az extrém NP-túlsúly, mely esetünkben 42 %-ot ért el, 92 ezerről 53 ezerre zuhant. Az átlagos gyökértömeg az NPK túltrágyázás nyomán csaknem megduplázódott, ezzel együtt a digestio 2,3; míg a tisztított cukor 4 %-kal csökkent. Az ásványi táplálás fontosságára utal, hogy a szakszerűtlen trágyázással a tisztított cukorhozam csaknem 1/3-át elveszíthetjük. A rossz szaktanácsadás, amint a 2. táblázatban látható, elsősorban nem a gyökértermés tömegét befolyásolhatja, hanem a répa minőségi mutatóit rontja: a tisztított cukor és a melasz %-a, valamint a káros-N, K és Na koncentrációja változhat kedvezőtlenül. Tanulságos áttekinteni, hogy milyen mérvű változások állhatnak elő a répa szerveinek makro- és mikroelem összetételében. Adatainkat a 9. táblázat szemlélteti.

9. táblázat Minimum és maximum elemkoncentrációk a kísérletben, 1981

Elem jele	Mértékegység	Levéllemez ¹		Levéllemez ²		Levélnyel ¹	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
N	%	2,64	5,01	1,90	4,16	0,88	2,22
K	%	2,36	6,29	2,00	6,68	4,33	9,71
Ca	%	1,68	2,20	1,81	2,67	0,66	1,09
Na	%	1,17	2,58	1,36	4,74	0,98	1,73
Mg	%	0,45	1,61	1,36	2,46	0,44	0,66
P	%	0,20	0,49	0,12	0,33	0,16	0,42
Mn	mg/kg	203	511	272	685	62	105
Fe	mg/kg	200	525	195	340	135	666
Zn	mg/kg	20	36	18	33	10	34
Cu	mg/kg	7	15	2	16	4	8
Elem jele	Mértékegység	Levélnyel ²		Lomb ³		Gyökér ³	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
N	%	0,76	2,56	1,75	3,28	0,64	1,85
K	%	1,99	7,50	1,68	5,38	0,76	1,48
Ca	%	0,60	1,04	1,46	2,18	0,08	0,14
Na	%	1,05	3,65	1,39	4,95	0,06	0,22
Mg	%	0,60	1,21	1,00	2,07	0,19	0,34
P	%	0,08	0,27	0,11	0,28	0,04	0,16
Mn	mg/kg	57	100	188	373	50	87
Fe	mg/kg	62	210	1100	2400	600	1200
Zn	mg/kg	4	13	13	26	6	14
Cu	mg/kg	1	4	7	11	6	8

¹ = 06. 29-én (sorok záródása), ² = 08. 07-én, ³ = 11. 02-án betakarításkor

Látható, hogy a makro elemek közül a N, K, Na, Mg és a P egyaránt akár 2-3-szoros változást is szenvedhet, különösen az augusztus eleji levélnyelben. A betakarításkori lomb és főleg a gyökér összetétele szintén nem mentes az extrémításoktól. Ismert, hogy állandóbb összetétellel a genetikailag védett magvak, generatív szervek rendelkeznek. Az általunk is vizsgált vegetatív szervek a kínálattól függően jelentős luxusfelvételre képesek.

A répa elemfelvételét legkifejezettebben a N-ellátás befolyásolta. A kísérlet átlagában a lomb + gyökér termésbe beépült elemek mennyisége az alábbi volt: 291 kg N, 251 kg K (301 kg K₂O), 105 kg Na, 91 kg Mg, 72 kg Ca, 22 kg P (50 kg P₂O₅), 21 kg Fe, 2 kg Mn, 219 g Z és 133 g Cu ha-onként. A N, P és Fe 2/3-a, ill. a K 3/5-e a gyökérben halmozódott fel, míg a lomb akkumulálta az összes felvett Mg 56, ill. a Na és Ca 75-76 %-át. A N-ellátás javulása minden elem felvételét növelte. A szárazanyag-többleteket jelentősen meghaladta a N, Na, Mg és Zn elemek felvett többlete a kontrollhoz viszonyítva (10. táblázat).

10. táblázat NPK ellátás hatása a cukorrépa elemfelvételére, 1981

Felvett elemek	Mérték- egység	NO ₃ -N kg/ha vetéskor (0-60 cm talajban)				SzD _{5%} 72	Átlag 342
		144	273	402	552		
Gyökérben betakarításkor							
N	kg/ha	113	204	226	258	10	200
K	kg/ha	117	149	153	175	7	149
Mg	kg/ha	29	41	44	47	3	40
Na	kg/ha	14	25	28	32	2	25
Ca	kg/ha	15	18	18	18	1	18
P	kg/ha	15	15	15	16	1	15
Fe	kg/ha	13	15	15	16	1	15
Mn	g/ha	950	959	1021	1088	44	1005
Zn	g/ha	120	134	196	210	9	165
Cu	g/ha	97	110	104	109	5	105
Légsz. a.	t/ha	13,7	16,7	16,1	16,0	0,7	15,6
Lombban betakarításkor							
N	kg/ha	37	101	114	115	14	92
K	kg/ha	77	114	111	105	16	102
Na	kg/ha	30	90	103	98	13	80
Ca	kg/ha	34	60	63	60	8	54
Mg	kg/ha	22	57	64	62	8	51
P	kg/ha	4	8	8	9	1	7
Fe	kg/ha	4	6	6	6	1	6
Mn	g/ha	520	803	828	819	111	742
Zn	g/ha	32	62	64	59	8	54
Cu	g/ha	17	33	32	30	4	28
Légsz. a.	t/ha	1,8	3,7	4,0	3,9	0,5	3,4

A minimum és maximum elemfelvételi értékek a kísérlet egyes kezelése között látványosan változtak. Így pl. a lomb + gyökér által felvett összes N 100 és 508 kg, a K 160 és 355 kg (192-426 kg K₂O), a P 8 és 38 kg (18-87 kg P₂O₅). Többszörös különbségek adódtak a főbb kationok mint a Na, Mg, Ca, valamint a vizsgált mikroelemek felvételében is. A Na 7-, míg a Zn 8-szoros extrém maximum értékeket mutatott a minimális felvételhez képest. A lomb + gyökér frissen együtt 50 és 90 t/ha, légszárazon 14 és 23 t/ha minimum és maximum tömeget adott. A ha-onkénti elemfelvétel 386 és 1425 kg között ingadozott, mely a szárazanyag 3-6 %-át tette ki. A cukorrépa tehát valóban hatalmas mennyiségű sófelvételre képes, a talajt ásványi elemekben drasztikusan szegényítheti (11. táblázat).

11. táblázat A minimum és maximum elemfelvétel a cukorrépa kísérletben, 1981

Elem jele	Mérték-egység	Lomb		Gyökér		Együtt	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
N	kg/ha	29	149	71	357	100	508
K	kg/ha	52	165	82	261	160	355
Na	kg/ha	23	190	8	58	31	224
Mg	kg/ha	13	80	22	59	36	140
Ca	kg/ha	29	81	11	25	38	123
P	kg/ha	2	12	5	28	8	38
Fe	kg/ha	2	12	9	29	11	34
Mn	g/ha	365	1182	749	1377	1120	2242
Zn	g/ha	22	99	30	445	59	500
Cu	g/ha	13	41	68	164	83	276
Légsz. anyag t/ha		1	5	12	18	14	23

A cukorrépa fajlagos, azaz 10 t gyökér + a hozzá tartozó lomb termésének elemigénye a N-ellátottság függvényében és a PK-kezelések, azaz a 32 ismétlés átlagában az alábbiak adódott: 33-69 kg N, 42-51 kg K (50-62 kg K₂O), 10-24 kg Na, 11-20 kg Mg, 11-15 kg Ca, 4-5 kg P (10-11 kg P₂O₅), 4 kg Fe, 350 g Mn, 30-50 g Zn, 25 g Cu. A kísérletben mért minimum és maximum fajlagos mutatók azonban extrémebb szórásokat mutattak az egyes kezelések között: 24-88 kg N, 40-58 kg K (48-70 kg K₂O), 6-42 kg Na, 7-24 kg Mg, 8-21 kg Ca, 2-6 kg P (5-14 kg P₂O₅), 2-7 kg Fe, 300-400 g Mn, 15-80 g Zn, 22-52 g Cu. Adatainkat a 12. táblázat foglalja össze.

12. táblázat A cukorrépa fajlagos (10 t gyökér + a hozzá tartozó lomb) elemtartalma, 1981

Elem jele	Mérték-egység	NO ₃ -N kg/ha vetéskor (0-60 cm talajban)				SzD _{5%} 72	Átlag 342
		144	273	402	552		
N	kg	33	55	63	69	6	56
K	kg	42	46	47	51	4	47
Na	kg	10	21	24	24	4	20
Mg	kg	11	18	20	20	3	18
Ca	kg	11	14	15	15	2	14
P	kg	4	4	4	5	1	4
Fe	kg	4	4	4	4	1	4
Mn	g	328	323	333	353	16	344
Zn	g	33	35	48	50	5	42
Cu	g	25	26	25	24	2	25

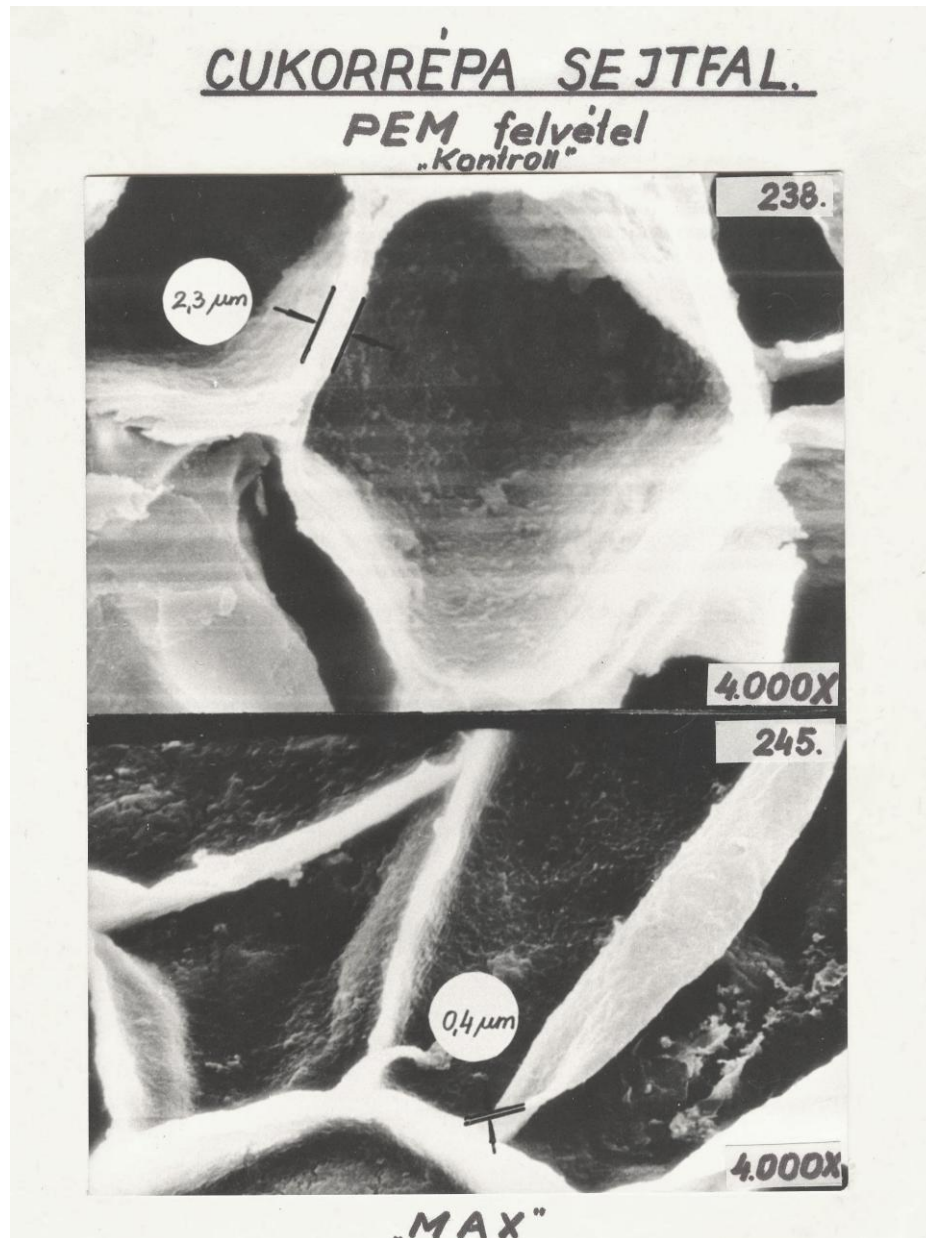
Extrém szórások az egyes kezelés kombinációk között: N 24-88, K₂O 48-70, Na 6-42, Mg 7-24, Ca 8-21, P₂O₅ 5-14, Fe 2-7 kg. A Mn 300-400, Zn 15-80, Cu 22-52 g

A répa rendkívül elasztikus, összetétele könnyen megváltozhat. Felmerül a kérdés, vajon meddig növelhető a cukortartalma? Amint tudjuk az 1800-as évek elején 6-7 %, míg 1908-ban már 18 % volt a legjobb minőségű répafajták cukortartalma Európában. *Prjanisnyikov* szerint a legeredményesebb francia nemesítő, *Vilmoren*, soha nem kapott 20-23 % feletti cukortartalmú egyedeket. Az elmúlt száz év folyamán a répacukor %-a valójában már nem nőtt, esetenként inkább csökkent. Amikor azonos vetőmagot vetettek el, Franciaországban 16 %, míg Egyiptomban 25 % cukor képződött. Kaliforniában állítólag előfordult 30-34 %-os répatest is. A cukorképződés klímfüggő, az asszimilációt és a cukor keményítővé alakulását, ill. a gyökerekben való lerakódását az éghajlati óv behatárolja (*Prjanisnyikov 1964*).

Hazai viszonyok között a 0.5-0.8 kg-os répatest a kívánatos, mert a nagyobb tömeggel a hígulás már kifejezett. Az 1 kg feletti répák minősége oly mértékben romlik, hogy a cukorgyártásra már alkalmatlan nyersanyagot szolgáltat. Más a helyzet pl. Egyiptomban. *Emara et al. (2000)* a Nílus északi deltavidékén 1998-ban végzett kísérletében megállapítja, hogy amennyiben vízhiányos körülményeket teremt és a betakarítás előtt 4 héttel megszünteti az öntözést, az alábbi kedvező változások zajlanak le: 1.6 kg-ról 1.4 kg-ra csökken az átlagos gyökértömeg, 2.8-ról 3.1-re nő a gyökér/lomb aránya, 16 %-ról 18 %-ra emelkedik a digestió és 81-ről 85-re a tisztasági hányados.

A túltáplált répa tárolhatósága is problémát jelent. Már az 1800-as évek végén *Rovara (1890)* megállapítja, hogy "A Magyarországon termelt cukorrépa kevésbé eltartható, mint a külföldön termelt. Nyugati megyénkben e viszony még kedvező, de az alföldi és főleg a Tisza melléki répát alig lehet eltartani." A továbbiakban utal arra, hogy az eltarthatóságot elsősorban a talaj tápanyagállapota és a trágyázás befolyásolja. A soványabb talajon kapott gyökerek még márciusban is megfelelnek az ipari feldolgozás követelményeinek és kielégítő cukortartalmúak.

Pásztázó (PEM) és a 20.000-szeres nagyítású transzmissziós elektromikroszkópos (TEM) felvételeink szerint a N-nel túltáplált répatest sejtfalai közel 1/10-ére vékonyodtak el a N-hiányos gyökérhez viszonyítva (*1. ábra*). A sejtfal gyengülés erőteljesebben volt megfigyelhető a répatest közepétől a szélek felé haladva. A sejtfalnak nemcsak vastagsága csökkent, hanem a szerkezete is fellazult. Az ilyen répa sérülékenyebb, kevésbé ellenálló a rothadást okozó mikroorganizmusok támadásaival szemben (*Pártay és Kádár 1986*).



1. Ábra: N-túlsúly és N-hiány hatása a sejtfalra

Főbb eredményeink az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A kontrollhoz viszonyítva az extrém NPK ellátással a fiatal levéllemez tömege 2-szeresére, a nyél tömege 3-4-szeresére nőtt. A betakarításkori termésjellemzőkben nyert minimum - maximum mutatók az alábbiak szerint alakultak a tápláltság függvényében: gyökér/lomb aránya 2,1 és 6,7, tőszám 53 és 92 ezer/ha, átlagos gyökértömeg 490 és 910 g/db, gyökértermés 42 és 56 t/ha, lombtermés 10 és 25 t/ha.
2. Az ipari minőség jellemzői szintén változtak, drasztikusan romlottak a túltrágyázott talajon: digestió 17 és 19,3 %, tisztított cukor 12,7 és 16,7 %, melasz 2,4 és 4,2 %, káros-N 3,0 és 9,0, K 4,3 és 7,4, Na 0,8 és 2,0 meé/100 g. A nyerscukor 7,0 és 10,4, míg a tisztított cukorhozam 6,3 és 9,0 t/ha közötti értéket mutatott.
3. A talaj tápelemkínálatától függően 2-3-szoros különbségek léptek fel a répa szerveinek elemkoncentrációiban, a minőséget rontó luxusfelvétel a fiatal levéllemez, levélnyél, a betakarításkori lomb és gyökér összetételében egyaránt megnyilvánult. A vizsgált szervek mindegyike alkalmas lehet a tápláltsági állapot diagnosztizálására.
4. A répa elemfelvételét legkifejezettebben a N-ellátás befolyásolta, minden elem felvételét serkentette. Gyökér akkumulálta a N, P és Fe 2/3-át, ill. a K 3/5-ét, míg a lomb az összes felvett Mg 56, ill. a Na és Ca 75-76 %-át. A lomb + gyökér által felvett N 100 és 508, a K 160 és 355 (K_2O 192 és 426), a P 8 és 38 (P_2O_5 18 és 87 kg) között változott. Többszörös különbségek adódtak a Na, Mg, Ca, Cu és Zn felvételében is.
5. A fajlagos, azaz 10 t gyökér + a hozzá tartozó lombtermés elemtartalma a kezelésektől függően az alábbiak szerinti minimum-maximum értékeket mutatott: 24-88 kg N, 40-58 kg K (48-70 kg K_2O), 6-42 kg Na, 7-24 kg Mg, 8-21 kg Ca, 2-6 kg P (5-14 kg P_2O_5), 2-7 kg Fe, 300-400 g Mn, 15-80 g Zn és 22-52 g Cu. Az alacsonyabb fajlagos elemigény iránymutatóul szolgálhat a hazai szaktanácsadás számára.
6. Pásztázó (PEM) és transzmissziós elektromikroszkópos (TEM) vizsgálataink szerint a N-nel túltáplált 1 kg feletti tömegű répatest sejtfalai közel 1/10-ére elvékonyodhatnak a N-hiányos kisméretű répatesthez képest. Az ilyen répa sérülékenyebb, kevésbé ellenálló a rothadást okozó mikroorganizmusokkal szemben, tehát nemcsak ipari minősége romlik, hanem rosszul is tárolható.

7. Műtrágyázás hatása a napraforgóra (*Helianthus annuus* L.) 1982

7.1. Bevezetés

Az igénytelennek tartott napraforgót kezdetben egyáltalán nem trágyázták. A kukoricatáblák szegélynövénye volt, ill. a gyengébb talajokon termesztették főként Szabolcs-Szatmár megyében. Vetésterülete a háború előtt mindössze néhány ezer hektárt tett ki. Nagyüzemi tiszta vetése az alacsony törzsű egytányérú és korán érő fajták ill. hibridek, valamint a gépesítés elterjedésével vált kiterjedtté. Az utóbbi évtizedekben legfontosabb olajos növényünknek minősült, hiszen vetésterülete esetenként megközelítette a 400 ezer ha-t.

A napraforgó trágyázásával foglalkozó hazai szakirodalom viszonylag szegény. *Cserhádi (1901)* pl. mindössze egyetlen oldalt szán a növény tárgyalásának az "Általános és különleges növénytermesztés" c. könyvében. Szerinte "A napraforgó a legzsarolóbb növények közé tartozik, igen buja talajokat egyéb növények termelésére leghamarább alkalmassá tesszük, ha egypárszor napraforgót termelünk rajta. Termése 1 t magot és 5 t kórót érhet el. A kórót csak tüzelésre lehet használni."

A napraforgó mélyen és dúsán gyökerező kultúra, a talaj víz- és tápanyagkészletét kiválóan hasznosítja az általánosan elfogadott vélemény szerint (*Láng 1976, Geisler 1988, Radics 1994*). Homoktalajokon viszont rendkívül aszályérzékeny és trágyaigényessé válik. Így pl. a nyírségi savanyú, tápanyagokban szegény területeken termesztése gyakran bizonytalan és gazdaságatlan. A szabadföldi kísérletek igazolták, hogy e növény termése az említett területeken a 2-3 t/ha mennyiséget is elérheti kedvező csapadékeloszlású években és gazdaságossá tehető, amennyiben a talaj felvehető tápelemkészletét a kívánt optimumra emeljük és rendszeres meszezéssel biztosítjuk a 6 körüli pH(KCl) értéket (*Balogh és Józsa 1986, Kádár és Vass 1986*). Hasonlóképpen intenzív műtrágyázásra kényszerülnek például az USA Minnesota államának homokos talajain. *Simkins és Overdahl (1982)* szerint a talaj megfelelő mész- és foszforállapotának biztosításán túlmenően 200-250 kg/ha K₂O, valamint 120-150 kg/ha N adagolása a nagy termés elérésének feltétele.

Genetikailag gazdagabb talajokon, vályog vagy annál kötöttebb termőhelyeken ugyanakkor a napraforgó nem, vagy alig reagál a trágyázásra. Erről tanúskodnak az ország 9 táján, több éven át végzett Országos Műtrágyázási Kísérletek eredményei. Az 1980-as években nyert adatok szerint az együttes NP műtrágyázás 4-5 %-kal csökkentette a kaszatok olajtartalmát. Maximális olajhozamokat a kísérletek gyengén vagy közepesen ellátottnak minősülő parcelláin, az évenkénti 50 kg N és 50 kg P₂O₅, valamint 100 kg/ha K₂O adagolásával nyertünk. A kísérletek tanúsága szerint a MÉM NAK szaktanácsadásban ajánlott, ill. az akkori üzemi gyakorlatban alkalmazott N és P adagok a felére voltak csökkenthetők (*Dvoracek 1986, Harmati 1989, Kádár 1986, 1989, Lukácsné 1988, Szabó 1986*).

A kísérlet 9. évében, 1982-ben Koflor-2 hibridnapraforgót termesztettünk. A vetés 04. 21-én történt 70x30 cm kötésben és 4-6 cm mélyre, 10 kg/ha vetőmag felhasználásával. A növényállomány fejlettségét 6-8 leveles korban, virágzás előtt

és betakarításkor bonitáltuk 1-5 skálán parcellánként. A bonitálásokkal egyidőben növénymintavételekre is sor került 20-20 növény (6 leveles hajtás, betakarításkori földfeletti mintakéve), ill. növényi rész (virágzáskori tányér alatti levél) begyűjtésével nettó parcellánként. Az értékelte vagy nettó terület a 4-4 belső napraforgósorot érintette, mely $5,5 \times 2,8 = 15,4 \text{ m}^2$ -t, ill. 22 fm-t tett ki. A 22 fm-en a tányérokat kézzel levágtuk és kombájnnal elcsépeztük.

A tányérok kombájnolása után nettó parcellánként 20-20 gyökeres szárat vettünk (összesen 2560 db növényegységet), melyeket hosszában kettéhasítva *Vörös József és Léránthné Szilágyi Judit* bonitált, meghatározva az előforduló gombabetegségek gyakoriságát. A kaszattermések olajtartalmát és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriuma vizsgálta Lukács Dánielné irányításával. Az ásványi elemtartalom mérése az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében 10 elemre terjedt ki. Analízishez az ismétlések anyagát kezelésként összevontuk, így összesen $5 \times 64 = 320$ db átlagmintát elemeztünk (hajtás, levél, szár, tányér, kaszat). Meghatároztuk a minták nedves és légszáraz tömegét is. Betakarítás után 20-20 pontminta egyesítésével (botfúró) átlagmintákat vettünk a nettó parcellák szántott rétegéből és vizsgáltuk az ammonlaktát-oldható P és K tartalmakat.

Mivel a talajvíz mélyen helyezkedik el, a műtrágyák hatását nem befolyásolja. A növények vízellátása döntően a csapadék függvénye, emiatt különösen a kukorica aszály érzékeny ezen a termőhelyen. 1982-ben 496 mm csapadék hullott, 94 mm-rel kevesebb a sokévi átlagnál. A IV-IX. hónapok, azaz a tenyészidő alatti csapadék összege 295 mm volt, 36 mm-rel szintén kevesebb a sokévinél. Bár az elővetemény cukorrépa kiszárította a talajt, betakarítását követően a napraforgó vetéséig (a téli időszakban) a talaj összesen 239 mm csapadékkal gazdagodott. A szerkezetes csernozjom tehát jelentős vízkészletet tárolhatott a napraforgó számára, mely kiterjedt gyökérrendszerével képes volt azt a tenyészideje során hasznosítani és kielégítő terméseket adni.

A továbbiakban megkíséreljük a napraforgó ásványi táplálását mélyebben megvilágítani. Vizsgáljuk, hogy a tápelemellátás miképpen befolyásolhatja a meszes vályog talajon fejlődő napraforgó termését, minőségét, olajhozamát és a betegségekkel szembeni viselkedését.

A kísérlet 9 éve alatt jól elkülönülő tápelemellátottsági szintek jöttek létre a talajban. A N 0 és 2700 kg/ha, a P_2O_5 és K_2O 0 és 3000 kg/ha eltéréseket mutatott az összesen felhasznált hatóanyagokat tekintve. Mindez tükröződött a szántott réteg AL-oldható P_2O_5 készletében, mely megötszöröződött. Az AL-oldható K_2O tartalma 160-ról 291 mg/kg értékre nőtt. Az előző évben végzett elemzéseink szerint a 60 cm felső talajréteg $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 144 kg/ha-ról 552 kg/ha mennyiségre emelkedett a cukorrépa vetése idején (*Kádár és Kiss 2001*).

7.2. Termés, minőség, betegség ellenállóság

Bonitálási eredményeink szerint 6-8 leveles korban és virágzás kezdetén negatív N-hatásokat kaptunk. A feleslegesen kiadott N gátolta a fiatal növények fejlődését. Éréskor viszont a 100 kg/ha/év kezelés bizonyult optimálisnak, a depresszív hatások eltűntek. A N-nel részben ellentétes képet mutatott a P és a K. A korai stádiumban főként a P-hatás kifejezett, a túlzott P és K ellátással viszont

az állományfejlettség ismét gyengébbé vált. Betakarítás idejére a P és K trágyahatások szintén eltűntek (1. táblázat).

1. táblázat Műtrágyázás hatása a napraforgó fejlődésére. Bonitálás, 1982

Bonitálás időpontja	Tápelemellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N hatására (PK átlagai)						
06. 22-én	3,9	3,8	3,3	3,3	0,4	3,6
07. 08-án	3,7	3,5	3,0	3,2	0,3	3,4
09. 13-án	2,6	3,2	3,1	3,2	0,4	3,0
P hatására (NK átlagai)						
06. 22-én	1,7	4,6	4,1	3,8	0,4	3,6
07. 08-án	2,7	3,9	3,6	3,6	0,3	3,4
09. 13-án	3,0	3,1	3,1	2,9	0,4	3,0
K hatására (PK átlagai)						
06. 22-én	3,2	3,6	3,7	3,8	0,4	3,6
07. 08-án	3,0	3,4	3,5	3,6	0,3	3,4
09. 13-án	2,8	3,0	3,0	3,0	0,4	3,0

Megjegyzés: 1 = igen gyengén, 5 = igen jól fejlett állomány

A 2. táblázat adatai szerint a 6-8 leveles hajtás légszáraz tömegét mind a P, mind a K bizonyíthatóan növelte, együttes hatásuk (PxK kölcsönhatás) eredményeképpen a hozam 2,5-szeresére emelkedett. A N-trágyázás ekkor még hatástalan maradt, ill. mérsékelt csökkenést eredményezett. Aratáskor a helyzet megváltozott. Mérsékelt, 10 % körüli N-hatások jelentkeztek a kaszattermésben, míg a PK-hatások már nem voltak igazolhatók. A kaszatok olaj%-a az NP-ellátás javulásával 50-ről 45-re csökkent.

A humuszos vályog csernozjom talaj jelentős "összes" tápanyagkészlettel rendelkezik. Mindez lehetővé tette a 9 éve trágyázásban egyáltalán nem részesült parcellákon is, hogy a növények kielégítsék P és K szükségletüket. A termőhely gyenge P és közepes K ellátottságúnak minősül a hazai szaktanácsadásban (MÉM NAK 1979), így jelentős P és K hatásokra számíthatnánk. A napraforgó azonban aktív "talajzsaroló" gyökérzete révén képes a talaj kevésbé mobilis tápanyagait is hasznosítani hosszú tenyészideje folyamán. Természetesen a talaj tápanyagtőkéje rovasára, s így a 3 t/ha körüli termésszinten a tápanyagellátás növelése trágyázással nem járt együtt jelentős terméstöbblettel. Sőt, az olajhozam a kontroll szintjén maradt 1.5 t/ha mennyiséggel és nem változott a kezelések nyomán.

Megemlítjük még, hogy a kombájnnolt kaszattermés tisztasága 85 %, víztartalma 4 %, 1000-kaszattömege átlagosan 47 g volt. A betakarításkori szártermés 3,1 t/ha, a tányér 1,7 t/ha tömeget adott és nem változott a kezelések függvényében. Az összes föld feletti légszáraz hozam tehát 7,9 t/ha mennyiséget tett ki. A szár/kaszat aránya 1:1 körülinek adódott a Koflor-2 hibrid esetén, az összes melléktermés/főtermés aránya 1.5:1 volt. Prjanisnyikov (1965) szerint a régi fajták

1-1,5 t/ha magterméséhez 7-8 t/ha melléktermés tartozott, a melléktermés/főtermés hányadosa jóval tágabb volt, 5-7 között változhatott.

2. táblázat NPK-ellátás hatása a napraforgó légszáraz termésére, 1982

N és K ellátás	(AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Hajtás 06. 22-én, 6-8 leveles, kg/ha						
K0	108	182	174	177		160
K1	132	213	250	205	55	200
K2	107	216	200	233		189
K3	149	245	230	269		223
Átlag	124	214	214	221	28	193
Kaszat t/ha						
N0	3,0	3,0	3,0	2,8		2,9
N1	2,9	3,1	3,1	3,1	0,4	3,0
N2	3,2	3,2	3,3	3,2		3,2
N3	3,3	3,3	3,5	3,0		3,3
Átlag	3,1	3,1	3,2	3,0	0,2	3,1
Kaszat olaj%-a						
N0	50	50	49	49		50
N1	49	47	47	46	2	47
N2	49	45	45	45		46
N3	47	46	45	45		46
Átlag	49	47	47	46	1	47

A szár 3,1, tányér 1,7, összes föld feletti tömeg 7,9 t/ha. Olajhozam 1,5 t/ha

A műtrágyázás hatással volt az olaj zsírsavösszetételére is. Az NxP kölcsönhatások általában statisztikailag igazolhatók, a K-trágyázás viszont hatástalan maradt. Sztearinsav (C18) mennyisége nőtt, míg a palmitinsav (C16) koncentrációja csökkent az NxP együttes táplálás nyomán. A két sav együttesen 9-10 %-os részarányal szerepel a napraforgó olajában. Élettani szempontból előnyös, hogy a telítetlen olajsav (C18:1) és a linolsav (C18:2) a fő alkotók. A N-túlkínálatával az olajsav részaránya emelkedett, míg a linolsavé mérsékelten de igazolhatóan csökkent.

A tápláltsági állapot határozottan befolyásolta a vizsgált gombabetegségek előfordulását. A Macrophominával fertőzött egyedek számát mindhárom elem növelte: a K átlagosan 9, a N 22, a P 23 %-kal. Trágyázatlan talajon a fertőzés 15-20 %-ot, az NPK-túlsúlyos talajon 60-70 %-ot tett ki, mintegy a 4-szeresére emelkedett. Mivel a gomba a szállítószöveteket roncsolja, a tányérok aratás idején deszikkálás nélkül gyorsan leszáradtak és a magvak víztartalma is drasztikusan lecsökkent, gyors kombájnolást téve lehetővé.

Az Alternáriás fertőzést igazolhatóan és átlagosan 8 %-kal a K-trágyázás, míg tendenciájában és átlagosan 3-6 %-kal a N-ellátás serkentette. Az Embellisia előfordulása közel megduplázódott a N-trágyázással, a P és K hatása nem volt kimutatható. A száraz évben Sclerotinia fertőzés csak nyomokban jelentkezett, az összes állomány 1-2 %-án fordult elő. Ez azt jelentette, hogy a vizsgált 2560

egyedből mindössze 32 növényen volt kimutatható a betegség, így az adatok statisztikailag nem voltak feldolgozhatók. Tendenciájában azonban itt is megállapítható volt, hogy a javuló ellátottság csökkent betegség ellenállóságot eredményezett. Főbb adatokat a 3. táblázat foglalja össze.

A mintakévek feldolgozásakor tapasztaltuk, hogy míg a kontroll parcellán termett növényeknél a tányérfelület 4-5 %-ából pergett ki a mag, a trágyázott növényeknél ez a kipergési % többszörösére emelkedett, elérve a 15-20 %-ot. A kaszatok pergését elsősorban a N, másodsorban a P és mérsékelten a K trágyázás is elősegítette. A megnövelt kipergési hajlam a betakarításkori veszteségeket ugrásszerűen emelheti, valamint megnehezíti a gyomok és betegségek elleni védekezést a következő kultúrában. A fertőzött maggal talajba jutott kórokozók évekig aktívak maradhatnak, a kihullott mag mennyisége pedig többszöröse lehet a kivetett mennyiségnek. Az említett jelenség tehát figyelmet érdemel.

3. táblázat NPK-ellátás hatása a napraforgó betegségellenállóságára, 1982

N és K szintek	N-adag kg/ha évente				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		150
Macrophomina %-a						
P0	24	32	30	50	14	34
P1	42	66	46	68		56
P2	34	56	58	59		52
P3	49	59	62	59	7	57
Átlag	37	53	49	59		50
Alternaria %-a						
K0	14	22	12	25	14	18
K1	17	27	19	20		21
K2	15	27	20	24		22
K3	28	22	32	20	7	26
Átlag	18	24	21	22		22
Embellisia %-a						
P0	9	18	12	17	10	14
P1	12	12	17	20		15
P2	10	11	19	17		14
P3	14	16	16	20	5	16
Átlag	11	14	16	19		15
Kaszat kipergési %-a						
P0	6	10	9	13	9	10
P1	4	21	20	23		17
P2	5	23	20	18		16
P3	7	20	16	18	5	15
Átlag	6	19	16	18		13

Megjegyzés: Kaszat kipergési %-a mintakéve feldolgozáskor 12. 18-án.

P-szintek: P0=90, P1=177, P2=343, P3=459 mg/kg AL-oldható P₂O₅.

K-szintek: K0=160, K1=193, K2=232, K3=291 mg/kg AL-oldható K₂O.

A terméselemek közötti kapcsolatokat vizsgálva megállapítható volt, hogy a tányérátmérő és a tányérok maghozama között pozitív lineáris kapcsolat áll fenn. Az 1000-kaszattömeg szintén a tányérátmérő függvénye, azzal pozitív lineáris kapcsolatban áll. Az olaj %-a és a tányérátmérő közötti összefüggés szintén lineárisnak minősül, negatív előjellel. A kis átmérőhöz (16 cm) nagy olaj % tartozik és fordítva. Az igen kicsi, fejletlen, 10 cm alatti tányérátmérőhöz már ismét alacsony olaj % kötődik. Az egyes növények 1000-kaszattömege 20-80 g, olajtartalma 40-57 % közötti extrém értékeket mutatott, tehát a szórások egyedenként rendkívül nagyok lehetnek (4. táblázat).

4. táblázat A tányérok méretének hatása egyéb termésjellemzőkre, 1982

Vizsgáltjellemzők	Tányérok mérete			
	Nagy	Közepes	Kicsi	Igen kicsi
Tányérátmérő, cm	22	18	16	12
Tányérfelület, cm ²	380	254	201	113
Kaszattömeg, g/tányér	128	92	78	38
1000-kaszattömeg, g				
Külső 1/3	68	58	50	38
Középső 1/3	56	45	42	32
Belső 1/3	50	39	37	28
Olaj % a magban				
Külső 1/3	43	44	49	46
Középső 1/3	47	49	50	47
Belső 1/3	49	52	51	47
Olaj % átlagosan	46	48	50	47
Olajhozam g/tányér	59	44	39	18

Megjegyzés: Az 1000-kaszattömeg 20-80 g, olajtartalom 40-57 % értékek között ingadozott (n=124).

A napraforgó elaszticitása agronómiai szempontból fontos tulajdonság. Ez azt is jelenti, hogy a tőszám növelésével a tányérátmérő csökken és a kaszatok olaj%-a javulhat, mely egy bizonyos határig együtt járhat az olajhozam növekedésével. Kíváncsi a 18-20 cm-es közepes tányérátmérő és a 45-55 ezer db/ha tőszám egyenletes 70x30 cm tőállásban. A tányérok külső, középső és belső harmadát vizsgálva szintén látható, hogy a tányér belseje felé haladva csökken a magméret (az 1000-kaszattömeg) és arányosan nő a mag olaj %-a. Adatainkat a 4. táblázatban tüntettük fel. Megemlítjük, hogy kísérleti körülményeink között a N-trágyázás a tányérátmérőt növelte (átlagosan 1 cm-rel), mely mérsékelt kaszattermés-növekedést ill. olajszázalék csökkenést eredményezett.

Főbb eredményeinket az alábbiakban foglaljuk össze:

1. A 6-8 leveles napraforgó hajtása az együttes PK trágyázással 2,5-szeresére emelkedett, a N-trágyázás enyhe depressziót okozott. Betakarítás idejére a PK-hatások eltűntek és mérsékelt (0,3 t/ha) N-hatás jelentkezett a kaszattermésben, mely a tányérátmérő növekedésén keresztül valósult meg. Az

NxP ellátás javulásával a mag olajtartalma azonban 50-ről 45 %-ra csökkent, így az olajhozam nem módosult a kezelések nyomán.

2. A napraforgó 3,1 t mag, 3,1 t szár, 1,7 t tányér (7,9 t összes) légszáraz tömeget adott 1 ha-on. Az olajhozam 1.5 t/ha volt. Hasonló talajon 100 kg/ha körüli N-adag, ill. 120-150 mg/kg AL-P₂O₅ és 150-200 mg/kg AL-K₂O tartalom biztosíthatja a jó termés elérését az ammonlaktátos módszerrel becsülve.
3. A túlzott tápelemkinálat, a túltrágyázás nem a termést, hanem a betegségekkel szembeni fogékonyságot növelte és a minőséget rontotta. A *Macrophomina phaseolina* előfordulása éréskor megnégyszereződött a kontrollhoz viszonyítva, döntően az együttes NxP ellátással. Az *Alternaria zinniae* fertőzést 8 %-kal igazolhatóan a K-túlsúly, míg az *Embellisia helianthi* fertőzést a N-túlsúly kétszerezte meg. A *Sclerotinia sclerotiorum* gyakorisága ebben a száraz évben jelentéktelen maradt, bár szintén emelkedő trendet mutatott a trágyázással (0,3-ről 3 %). A tányérokba kipergett mag mennyisége szintén többszörösére nőtt a trágyázott kezelésekben.
4. Az 1000-kaszattömeg 20-80 g, olajtartalom 40-57 % közötti extrém értékeket mutatott az egyenként vizsgált növényegyedek között. A tányérátmérővel arányosan nőtt a maghozam, az 1000-magtömeg, ill. csökkent a mag olaj %-a. A tányér belseje felé haladva szintén ugrásszerűen csökkent az 1000-magtömeg, ill. emelkedett az olaj %-a.
5. Agronómiai szempontból kívánatos a 18-20 cm tányérátmérő, a 70x25 vagy 70x30 cm körüli térállással létrejött 45-55 ezer db/ha tőszám és főként az egyenletes állomány. Az extrém nagy tányérokat adó ritka, ill. a túl kicsi tányérokat adó sűrű állomány egyaránt csökkentheti az olajhozamot.
6. Kötöttebb, megfelelő tápanyagkészlettel rendelkező talajokon a napraforgó nem minősül trágyaigényes növénynek. A 3 t/ha magtermés kb. fele annyi N és P műtrágyát igényelhet hasonló talajon, mint a 6 t/ha körüli kalászos gabona. A termelő és az olajipar érdeke nem kerül éles ellentétbe egymással, amennyiben a termés és az olaj %-a közötti negatív korreláció csak mérsékelten jelentkezik.

7.3. A napraforgó elemfelvételéről

A napraforgó fajlagos, azaz 1 t kaszat + a hozzá tartozó kóró és tányér elemigényére vonatkozóan az irodalomban meglehetősen eltérő adatok találhatók. Ez részben abból adódik, hogy változott a mag/melléktermés aránya. *Cserháti (1901)* szerint 0,7-1 t/ha maghoz 3,5-5 t/ha kóró tartozik. *Prjanisnyikov (1965)* 1-1,5 t magot és 7-8 t/ha melléktermést említ. A napraforgó összes termése, szárazanyaghozama nem nőtt az elmúlt 100 év alatt, csak a "harvest index" javult. Az újabb hibridek kisebb testűek, alacsonyabbak, a ha-onkénti tőszámuk csaknem megkétszereződött és a 8 t/ha körüli össztermésben ma már 3 t/ha a kaszat.

Prjanisnyikov (1965) aláhúzza a napraforgó kálium-igényét. E növényt a déli övezetekben termelik kiterjedten, ahol a talajok K-ban gazdagok. Az általa közölt adatokból számítva a fajlagos igény 50 kg N, 32 kg P₂O₅, 278 kg K₂O és 103 kg CaO. A hazai szaktanácsadásban javasolt fajlagosok 41 kg N, 30 kg P₂O₅, 70 kg K₂O, 24 kg CaO és 12 kg HgO *Antal (1987)* szerint. A szerző a tápanyagszámítás kapcsán még arra utal, hogy: "A hibrid napraforgók tápanyagának adagját 20-25

%-kal is növeljük.” *Lásztity (1983)* által összefoglalt néhány forrás 40-50 kg N, 9-23 kg P_2O_5 , valamint 34-119 kg K_2O fajlagos értékeket mutatott.

Az említett néhány szerény irodalmi utalás szerint tehát a N 40-50, a P_2O_5 9-32, a K_2O 34-278 kg szélső fajlagos értékeket mutatott. A N közelálló, míg a foszfor 3-szoros, a kálium 8-szoros eltéréseket takart. A napraforgó elasztikus növény, összetétele, termésszerkezete tág határok között változhat a termesztés körülményei (fajta vagy hibrid, termőhely, éghajlat, trágyázás, termésszint) függvényében. Az ásványi összetételére vonatkozó ritkább adatközlés oka részben az, hogy a nagyüzemi termesztésben viszonylag újabb kultúrának számít történeti szemmel nézve. Vetésterülete a XX.század második felében nőtt meg igazán az alacsony törzsű fajták és hibridek bevezetésével és a gépesítéssel.

A kísérletezők szemszögéből mindmáig “kényelmetlen” növény maradt, hiszen már a keléskor nehéz megvédeni a kártevőktől (fácán, nyúl). Gondot okoz a parcellánkénti betakarítása, cséplése. Körülményes a kórót, tányért és az olajos kaszatokat analízisre előkészíteni, az olajos magvakat őrölni és roncsozni. Ami a növény tápláltsági állapotát illeti, *Bergmann (1988)* szerint a tányér alatti kifejlett levél optimális összetétele virágzás előtt szárazanyagra számítva az alábbi: 3,0-5,0 % N, 0,25-0,50 P %, 3,0-4,5 K %, 0,8-2,0 Ca %, 0,3-0,8 % Mg, 35-100 mg/kg B, 30-80 mg/kg Zn, 25-100 mg/kg Mn, 10-20 mg/kg Cu és 0,3-1,0 mg/kg Mo.

Az 5. táblázatban a N és K ellátás hatását tanulmányozhatjuk a légszáraz napraforgó összetételére. Mintavétel kiterjedt a 06.22-én vett 6-8 leveles hajtás, a 07. 08-án virágzás előtt vett tányér alatti kifejlett levél, valamint a 09. 13-án vett betakarításkori kaszat, tányér és kóró elemzésére. A 6-8 leveles hajtás 0,1-0,2, a betakarításkori szár 3,1, kaszat 3,1, tányér 1,7 t/ha légszáraz tömeget képviselt átlagosan. A táblázatosan nem közölt Fe koncentrációja nem változott a kezelések nyomán és átlagosan a hajtásban 1500, a levélben 260, szárban 111, tányérban 133, kaszatban 60 mg/kg mennyiséget tett ki légszáraz anyagban, tehát a korral erőteljesen hígult.

Eredményeink szerint a napraforgó a jó N-szolgáltatású talajon N-nel kielégítően ellátott, amennyiben a 6-8 leveles hajtás összetétele 3,0-4,0 %, a virágzás előtti levél 2,5-3,5 % N-t tartalmaz. A *Bergmann (1988)* által levélre közölt optimum túl tágnak és nagynak minősíthető, így nem kellően orientálja a szaktanácsadót. A hajtás gazdag N-ben, az átlagos nyersfehérje tartalma 22 %-ot elérhet a 6,5 szorzóval számolva. A napraforgó-pogácsában ez az érték megduplázódhat, amennyiben a mag 50 %-át kitevő olajat eltávolítják, kisajtolják. A Mn koncentrációja mérsékelten, de általában igazolhatóan emelkedik a N-ellátással, valamint drasztikusan csökken a hajtástól a kaszat felé haladva (5. táblázat).

A K-ellátás javulásával látványosan emelkedett elsősorban a hajtás és a szár K %-a luxusfelvételt jelezve. A kielégítő K-ellátottságot adataink szerint a hajtásban az 5-6 %, míg a levélben a 3-4 % K tartalom jelezheti. Leggazdagabb K-ban a fiatal hajtás és a tányér, legszegényebb a mag. A K-Mg kation antagonizmus eredményeképpen drasztikusan csökkent a vegetatív növényi részekben a Mg koncentrációja. Az irodalomban megadott optimumok alapján azonban a K-túlsúly még nem indukált érdemi Mg-hiányt a napraforgóban. A Mg tartalma kisebb hígulást mutatott és a kaszat összetétele nem módosult a K-ellátás függvényében (5. táblázat).

5. táblázat N- és K ellátás hatása a légszáraz napraforgó elemtartalmára, 1982

Növényi rész	N-ellátottsági szintek, kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag
	0	100	200	300		
N %						
Hajtás	3,25	3,31	3,37	3,44	0,11	3,34
Levél	2,53	2,95	3,17	3,27	0,12	2,98
Szár	0,50	0,68	0,82	0,92	0,05	0,73
Tányér	0,88	1,11	1,17	1,22	0,07	1,10
Kaszat	2,51	2,84	2,96	2,98	0,14	2,82
Mn mg/kg						
Hajtás	163	160	163	167	15	163
Levél	64	69	75	75	4	71
Szár	36	38	39	42	5	38
Tányér	25	28	30	31	2	28
Kaszat	22	23	23	25	3	23
Növényi rész	(AL) oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	160	193	232	291		
K %						
Hajtás	3,55	4,80	5,61	6,04	0,21	5,00
Levél	2,56	3,04	3,39	3,61	0,10	3,15
Szár	1,00	2,60	3,88	4,43	0,21	2,98
Tányér	4,82	5,26	5,87	5,98	0,18	5,49
Kaszat	0,86	0,95	0,94	0,94	0,06	0,92
Mg %						
Hajtás	1,17	0,77	0,57	0,49	0,04	0,75
Levél	0,74	0,54	0,44	0,42	0,04	0,54
Szár	0,84	0,62	0,39	0,34	0,06	0,55
Tányér	0,51	0,40	0,34	0,29	0,04	0,38
Kaszat	0,30	0,30	0,31	0,31	0,02	0,31

Tányér alatti levél optimális összetétele virágzás kezdetén (*Bergmann 1988*): N 3-5 %, K 3-5 %, Ca 0,8-2,0 %, Mg 0,3-0,8 %, P 0,25-0,50 %, Mn 25-100 mg/kg, Zn 30-80 mg/kg, Cu 10-20 mg/kg sz.a.

Legkifejezettebben a P-ellátás módosította a növényi részek összetételét ezen a P-ral gyengén ellátott talajon. A Ca, Na és P felvételét általában serkentette, míg a Zn és Cu felvételét gátolta a talaj túlzott P-kínálata. A mag Ca-ban viszonylag szegény és összetétele sem változik a P-ellátás nyomán. Dúsulása a fiatal hajtásban a legkifejezettebb. Hasonló megállapítás tehető a Na-ra is, melynek koncentrációja csaknem egy nagyságrenddel kisebb a Ca-énál (6. táblázat).

A P a fehérjékhez kötődik, így a magban és a hajtásban éri el maximumát. Legszegényebb a szár, különösen a P-ral nem trágyázott talajon. A P-ellátás növelésével a szár P %-a luxusfelvételt jelezve megötszöröződik, a tányérban és a hajtásban is mintegy a 3-szorosára emelkedik. A P-Zn antagonizmus kifejezett, a levél, szár és a kaszat Zn-tartalma felére csökken a P-túlsúly nyomán és ezzel Zn-

hiányt indukál a napraforgóban. Az irodalom szerint a 30 mg/kg Zn koncentráció ugyanis a kívánatos alsó határ a levélben, míg esetünkben a Zn tartalma 20 mg/kg alá süllyed. Kifejezett a P-Cu antagonizmus is, a növények Cu-ellátottsága az optimális zóna alsó határára kerülhetett a levélanalitikai eredmények szerint (6. táblázat).

6. táblázat P-ellátás hatása a légszáraz napraforgó elemtartalmára, 1982

Növényi rész	(AL) oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Ca %						
Hajtás	2,78	3,73	3,96	3,85	0,19	3,58
Levél	2,12	2,53	2,52	2,67	0,14	2,46
Szár	0,99	0,98	1,09	1,18	0,12	1,06
Tányér	1,46	1,54	1,60	1,66	0,09	1,56
Kaszat	0,20	0,18	0,21	0,23	0,04	0,21
Na %						
Hajtás	0,38	0,51	0,54	0,53	0,03	0,49
Levél	0,29	0,34	0,34	0,36	0,02	0,33
Szár	0,36	0,36	0,39	0,40	0,03	0,38
Tányér	0,27	0,28	0,28	0,29	0,02	0,28
Kaszat	0,08	0,08	0,07	0,08	0,02	0,08
P %						
Hajtás	0,27	0,44	0,60	0,77	0,04	0,52
Levél	0,27	0,41	0,47	0,53	0,03	0,42
Szár	0,03	0,06	0,09	0,15	0,02	0,08
Tányér	0,10	0,21	0,28	0,32	0,03	0,23
Kaszat	0,44	0,64	0,69	0,76	0,05	0,63
Zn mg/kg						
Hajtás	42	31	30	26	5	32
Levél	37	21	19	17	5	24
Szár	15	7	6	7	2	9
Tányér	17	11	10	12	2	12
Kaszat	43	29	23	22	3	29
Cu mg/kg						
Hajtás	10,4	7,5	7,0	7,0	0,8	8,0
Levél	17,0	12,0	10,2	9,9	1,0	12,3
Szár	7,9	4,0	3,4	4,3	0,8	4,9
Tányér	16,0	10,1	8,8	8,8	1,0	10,9
Kaszat	16,6	12,5	12,0	11,8	0,9	13,2

A növény tápláltsági állapotának megítélését segítik a tápelemarányok, melyek a tápláltság minőségét, kiegyensúlyozottságát tükrözik. Főbb elemarányok az optimális tartalmakból számíthatók. A tányér alatti levélben az optimális arányok virágzás előtt az alábbiak: Ca/Zn 100-600, P/Cu 150-500, P/Zn 50-150, K/Mg 5-15. A 7. táblázat eredményei szerint a talaj P-kínálatával arányosan tágul a Ca/Zn hányados, mely a relatív Ca-túlsúlyra, ill. Zn hiányára utal a P-ral jobban ellátott, túltrágyázott parcellákon. A P/Zn aránya megerősíti az indukált Zn-

hiányos állapot jelenlétét, a P/Zn hányados az irodalmi optimum kétszeresére tágul a P-ral feltöltött talajon.

A P/Cu hányados esetén hasonló jelenséget tapasztalhatunk, a még elfogadható 500 körüli P/Cu aránya 1100 körüli értékre emelkedik Cu-hiányt kiváltva. Az indukált Zn és Cu hiánya még rejtett maradt, hiszen nem követte a termések csökkenése. A K/Mg aránya viszont határozottan javult és az irodalmi optimumba került a levélben K-trágyázással. A kaszat összetétele genetikailag stabil, ami a K és Mg koncentrációit illeti, így a K/Mg arány sem változik a K-ellátással. A tányérban és a levélben azonban már több mint kétszeresére, a hajtásban 4-szeresére, míg a luxusfelvételével kitűnő szárban kereken 11-szeresére nőtt a K-túlsúlya a Mg-hoz viszonyítva (7. táblázat).

7. táblázat A PK-ellátottság hatása a napraforgó főbb elemarányaira, 1982

Növényi rész	Ammonlaktát(AL) oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Ca/Zn						
Hajtás	662	1203	1320	1481	112	1166
Levél	573	1205	1326	1571	124	1169
Szár	660	1400	1817	1686	202	1391
Tányér	859	1400	1600	1383	221	1310
Kaszat	19	28	30	36	4	28
P/Cu						
Hajtás	260	587	857	1100	204	701
Levél	159	342	461	535	48	374
Szár	38	150	265	349	79	200
Tányér	62	208	318	364	57	238
Kaszat	265	512	575	644	80	499
P/Zn						
Hajtás	64	142	200	296	62	176
Levél	73	195	247	312	44	207
Szár	20	86	150	214	35	118
Tányér	59	191	280	267	49	199
Kaszat	102	221	690	633	112	412
Növényi rész	Ammonlaktát(AL) oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	160	193	232	291	20	219
K/Mg						
Hajtás	3,0	6,2	9,8	12,3	2,0	7,8
Levél	3,5	5,6	7,7	8,6	1,4	6,4
Szár	1,2	4,2	9,9	13,0	3,2	7,1
Tányér	9,5	13,2	17,3	20,6	3,0	15,2
Kaszat	2,9	3,2	3,0	3,0	0,2	3,0

A napraforgó elemforgalmáról a 8. táblázat adatai tájékoztatnak. Az aratáskori földfeletti termésbe épült N kereken 100-150 kg/ha között ingadozott a N-ellátás függvényében. A felvett N közel 70 %-a a fehérjében és olajban gazdag

magban található, a vegetatív előregedő növényi részek N-készlete éréskor a kaszatokba vándorolt. A Mn esetén a helyzet fordított, a beépült Mn 70 %-a a melléktermékben, főként a szárban maradt. Az összes Mn-felvétel 250 g/ha mennyiséget ért el aratás idején (8. táblázat).

8. táblázat NK-ellátottság hatása a napraforgó elemfelvételére, 1982

Növényi rész	N-ellátottsági szintek, kg/ha/év				SzD _{5%}	Átlag	%
	0	100	200	300		150	
N kg/ha							
Hajtás	6	7	6	6	1	6	5
Szár	15	21	26	30	2	23	18
Tányér	14	19	20	22	1	19	15
Kaszat	74	86	95	97	5	88	68
Összesen*	103	126	141	149	11	130	100
Mn kg/ha							
Hajtás	32	31	30	30	5	31	13
Szár	111	108	124	137	19	120	50
Tányér	40	47	53	55	3	49	20
Kaszat	66	70	73	80	4	72	30
Összesen*	217	225	250	272	18	240	100

Növényi rész	(AL) oldható K ₂ O mg/kg				SzD _{5%}	Átlag	%
	160	193	232	291		20	
K kg/ha							
Hajtás	6	10	11	13	2	10	5
Szár	32	82	118	136	6	92	43
Tányér	82	87	99	107	6	94	44
Kaszat	28	30	28	29	2	29	13
Összesen*	142	199	245	272	14	215	100
Mg kg/ha							
Hajtás	2	2	1	1	0.2	1	3
Szár	27	20	12	11	1,0	17	50
Tányér	9	7	6	5	1,0	7	21
Kaszat	10	10	9	10	0.6	10	29

* Összesen: szár+tányér+kaszat aratáskor

A javuló K-ellátással a felvett összes K mennyisége csaknem megkétszereződik, 142-ről 272 kg/ha-ra emelkedik. Ebben a szár játszik döntő szerepet, hiszen K-készlete több mint 4-szeresére ugrik. A felvett K-nak mindössze és átlagosan csupán 13 %-át találjuk a magban, a 3 t/ha magterméssel 29 kg K (35 kg K₂O) távozhat el a tábláról kombájn betakarításkor. A napraforgó valóban K-igényes, sok K-ot épít testébe, de a mai technológiában egyáltalán nem trágyaigényes, K-ban a talajt érdemben nem szegényíti (8. táblázat).

Vizsgáljuk meg ezt közelebbről. Régen a tányér és a szár is elkerült a tábláról. Általában eltűzték, főként a fátlan alföldi vidékeken. Hamuja a ház körüli kertek talaját gazdagította, vagy a “potash-gyártásban” hasznosult. Azaz a hamuból a K_2CO_3 -ot kimosták és kristályosították (*Prjanisnyikov 1965*). Amennyiben a talaj kevésbé kötött és K-készlete mérsékelt, a gyakoribb napraforgó-termesztéssel valóban kimerülhet, elszegényedhet. Mi történne azonban, ha a mai technológiában egy évszázadon át nem trágyáznánk a napraforgót K-mal egy kötöttebb, K-mal jobban ellátott talajon?

A táblára 5 évente kerülhet napraforgó, tehát a 100 év alatt 20 napraforgó évünk lenne. Mindez összesen 700 kg K_2O mennyiséggel szegényítene a talajt kombájn betakarítás és 3 t/ha körüli szemtermés esetén. Üzemi viszonyok között ezt feltehetően ki sem lehetne mutatni talajvizsgálatokkal, hiszen a mintavétel hibája ilyen tartományban van. A 2-3 % összes K-készlettel rendelkező alföldi talajokon, melyek felső 50-60 cm rétege akár százezer kg K-ot tartalmazhat, ez a 700 kg észrevétlen maradhat. A hasonló talajon gazdálkodók tehát az extrém K-igényesnek tartott napraforgó K-trágyázásáról valóban lemondhatnak. Annál is inkább, mert e növény képes a mélyebb talajrétegek kevésbé felvehető K-készletét is hasznosítani. A 8. táblázatban az is látható, hogy Mg esetében 26-46 kg/ha felvétellel számolhatunk és az összes felvett Mg 1/3-át vagy 1/4-ét találjuk a kaszatban, mely szintén nem számottevő.

A felvett Ca 60-70 kg-ot tett ki és a magtermésben 6-7 kg akkumulálódott hektáronként, a Ca 90 %-a tehát el sem kerül a tábláról kombájn betakarításnál. Hasonló a helyzet Na esetén, melynek tömege 18-20 kg/ha-ra tehető a föld feletti termésben. A beépült P 75 %-át viszont a magban találjuk és a felvétel érzékenyen követi a talaj P-kínálatát, különösen a vegetatív részekben. A felvett P 16-33 kg (37-76 kg P_2O_5) között változott ha-ra vetítve. A Zn 66 %-át a kaszat halmozta fel, összes mennyisége 100-200 g/ha közötti volt. A növekvő P-kínálattal a beépült mennyiség felére csökkent. A Cu-nek átlagosan 55 %-a mutatható ki a kaszatban, összes tömege 60-100 g/ha között alakult, 40 %-kal mérséklődött a P-ral jobban ellátott talajon (9. táblázat).

Az aratáskori napraforgóba épült elemek mennyisége széles határok között ingadozott a tápelemellátottság függvényében, különösen a melléktermésben. A kereken 8 t/ha aratáskori légszáraz föld feletti termésben összesen 90-180 kg N, 34-80 kg P_2O_5 , 144-360 kg K_2O , 70-112 kg CaO, 35-78 kg MgO halmozódott fel. A tervezett termés tápelemigényének számításakor a fajlagos, azaz 1 t szem + a hozzá tartozó melléktermés elemkészletéből indulunk ki a szaktanácsadásban. Esetünkben ezek a fajlagos mutatók az alábbiak: 30-60 kg N, 9-25 kg P_2O_5 , 47-116 kg K_2O , 22-36 kg CaO, 11-25 kg MgO. Az átlagos fajlagos igény 42 kg N, 19 kg P_2O_5 , 82 kg K_2O , 30 kg CaO, 18 kg MgO volt (10. táblázat).

Elméletileg az a cél, hogy egy egységnyi termést/minőséget minél kevesebb tápelemmel, műtrágyával, minél gazdaságosabban érjünk el. Ilyen értelemben az alsó fajlagos irányszámok a mérvadók. A szaktanácsadási gyakorlatban azonban hagyományosan az átlagos fajlagos értékekkel számolunk, kiindulva az átlagos

termesztési körülményekből. Kombájnbetakarításkor célszerű és ésszerű, ismét hangsúlyozni kell, a K, Ca és Mg tápelemtől eltekinteni a trágyaigény becslésekor. A hazai szaktanácsadásban javasolt 41 kg N, 70 kg K₂O, 24 kg CaO és 12 kg MgO elfogadhatónak minősíthető saját eredményeink szerint is. A 30 kg P₂O₅ viszont elfogadhatatlanul nagy fajlagost tükröz mind a saját, mind

9. táblázat P-ellátás hatása a napraforgó elemfelvételére 1982-ben

Növényi rész	(AL) oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag	%
	90	177	343	459	30	267	
Ca kg/ha							
Hajtás	3	8	8	8	1	7	11
Szár	31	30	35	36	2	33	50
Tányér	25	27	28	28	2	27	41
Kaszat	6	6	7	7	1	6	9
Összesen*	62	63	70	71	6	66	
Na kg/ha							
Hajtás	0,5	1,1	1,1	1,2	0,2	1,0	5
Szár	11,2	11,2	12,5	12,2	0,6	11,8	63
Tányér	4,5	4,8	4,8	4,8	0,3	4,7	25
Kaszat	2,3	2,4	2,6	2,2	0,2	2,3	12
Összesen*	18,0	18,4	19,9	19,2	1,2	18,8	
P kg/ha							
Hajtás	0,3	0,9	1,3	1,6	0,2	1,1	4
Szár	0,9	2,0	3,0	4,5	0,2	2,6	10
Tányér	1,6	3,6	4,8	5,4	0,2	3,9	15
Kaszat	13,7	20,2	22,3	22,9	1,1	19,8	75
Összesen*	16,2	25,8	30,1	32,8	2,2	26,3	
Zn g/ha							
Hajtás	5	5	4	5	1	5	4
Szár	46	22	15	22	2	26	19
Tányér	28	18	17	17	2	20	15
Kaszat	132	91	74	65	6	90	66
Összesen*	206	131	106	104	12	136	
Cu g/ha							
Hajtás	1	2	2	2	1	2	3
Szár	25	13	13	11	1	15	20
Tányér	27	17	15	14	2	19	25
Kaszat	51	39	39	35	3	41	55
Összesen*	103	69	67	60	8	75	

*Összesen: szár+tápanyér+kaszat aratáskor

10. táblázat A napraforgó elemkészletének extrém értékei aratáskor, 1982

Elemek jele, M.E.	Szár 3.1 t/ha	Tányér 1.7 t/ha	Kaszat 3.1 t/ha	Összesen 7.9 t/ha
K kg	30-144	70-120	20-35	120-300
Ca kg	20-40	20-35	5-10	50-80
N kg	15-37	13-26	60-100	90-180
Mg kg	10-34	3-10	6-12	22-50
Na kg	9-13	4-6	1-3	15-25
P kg	1-5	1-6	10-25	15-35
Fe g	300-400	150-300	150-250	600-900
Mn g	100-150	40-64	60-120	200-300
Zn g	10-50	10-30	60-140	80-250
Cu g	10-30	10-30	25-60	40-120

Átlagos fajlagos igény: 42 kg N, 19 kg P₂O₅, 82 kg K₂O, 30 kg CaO, 18 kg MgO

Főbb megállapításaink:

1. Ezen a humuszos vályogtalajon a napraforgó kielégítő elemellátottsága a légszáraz 6-8 leveles hajtásban 3-4 % N, 0,4-0,6 % P, 5-6 % K, ill. a virágzás kezdetén vett tányér alatti levélben 2,5-3,5 % N, 0,3-0,5 % P, 3-4 % K koncentrációval jellemezhető.
2. Az optimális tartalmakból számított arányok, melyek a kiegyensúlyozott tápláltsági állapotot tükrözhetik az alábbiak: 8-15 K/P, 5-10 N/P, 0,5-0,8 N/K a 6-8 leveles légszáraz hajtásban, ill. 6-13 K/P, 5-12 N/P, 0,6-1,2 N/K a virágzás kezdetén vett tányér alatti légszáraz levélben.
3. A talaj javuló N-kínálata a N és Mn tartalmakat, a javuló K-ellátás a K %-át, növekvő P-ellátás a Ca, Na, P koncentrációit növelte általában a növényi részekben. Jelentkezett a K-Mg, valamint a P-Zn és P-Cu antagonizmus. A P-Zn és részben a P-Cu antagonizmus latens Zn ill. Cu hiányt indukálhatott a Zn és Cu tartalmak, ill. a P/Zn és P/Cu arányok alapján ítélve.
4. A 3,1 t/ha kaszat + 1,7 t/ha tányér és 3,1 t/ha szár, azaz a 7,9 t/ha összes légszáraz föld feletti termésben, a kezelésektől függően 90-180 kg N, 31-80 kg P₂O₅, 144-360 kg K₂O, 70-112 kg CaO, 35-78 kg MgO halmozódott fel. Az átlagos fajlagos (1 t szem + melléktermék) elemigénye 42 kg N, 19 kg P₂O₅, 82 kg K₂O, 30 kg CaO, 18 kg MgO mennyiségnek adódott. A hazai szaktanácsadásban ajánlott 30 kg P₂O₅ fajlagos mutató indokolatlan túltrágyázásra ösztönöz.
5. A 3,1 t kaszattermésben átlagosan 88 kg N, 45 kg P₂O₅, 35 kg K₂O, 8 kg CaO, 16 kg MgO található. Kombájn betakarításnál amikor a melléktermék a táblán marad, a K, Ca és Mg veszteség jelentéktelenné válhat és meszes, kötöttebb, K-ban gazdag talajon ezen elemek trágyázása szüneteltethető, ill. forgóban elhagyható. Az extrém K-felvételre képes „talajzsaroló” napraforgó K-mal szembeni igénye alapján „talajkímélő” növényé válik, amennyiben csak a magtermést takarítjuk be.

8. Műtrágyázás hatása a mákra (*Papaver somniferum* L.) 1983

8.1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

Mák a legrégebben ismert és termesztett kultúrnövények közé tartozik. Keleten az ópium, nyugaton az élelmiszer és az olaj előállítása volt a termesztés fő célja. Az 1900-as évek első felében Kabay János találmánya révén kitágult a mák hasznosításának lehetősége. Az addig hulladékként kezelt száraz toktörmelékből üzemi eljárással olyan alkaloidokat sikerült kivonni, melyek előállítása korábban csak az ópiumból volt lehetséges. E találmány hasznosítására épült az Alkaloida Vegyészeti Gyár Tiszavasváriban, mely termékeivel Magyarországot nagyhatalommá tette a mák-alkaloidok gyógyszerpiacán (Unk 1960, Mórász 1979, Földesi 1994).

A tok tejnedve (ópium) 25-féle alkaloidában gazdag, melyek összes mennyisége a 20-25 %-ot is elérheti. A morfin 3-23 %, narkotin 2-10 %, papaverin 0,5-1,0 %, thebain 0,2-0,5 %, kodein 0,3-0,8 % között ingadozhat. A mag:tok:szár aránya 1:0,7-1:3-4 körüli, tehát 1 t maghoz még 4-5 t/ha melléktermés tartozhat. A kórót általában elégetik. Korán vethető, kezdetben nem hőigényes és már júliusban betakarítható. Gyengén fejlett karógyökérzete, valamint rövid 3-4 hónapos tenyészideje miatt rendkívül igényes a talaj felvehető víz- és tápelemkészletével szemben (Láng 1976, Mórász 1979, Földesi 1994).

Grábner (1948) szerint "A mák jó trágyaerőben levő gyommentes talajt igényel, ezért a trágyázott kapásnövények a legjobb előveteményei." Közvetlenül a mák alá átszámítva 40-60 kg/ha P_2O_5 és 10-20 kg/ha N műtrágyát is javasol. Gericke (1948) számos tenyészedény és szabadföldi műtrágyázási kísérletet végzett Közép- és Dél-Németországban a mák tápelemigényét vizsgálva. Megállapítása szerint a meleg, napfényes "száraz" évben nagyobb a mák termése a növény hő- és fényigénye miatt. Legjobban a P-trágyázás növelte a termést és az olaj %-át egyaránt. A maximális olajtartalom a mag 2,3 % P_2O_5 koncentrációjához kötődött. Az e feletti P-túlsúly a termést nem, de az olaj %-át már csökkentette.

A mák környezeti igényével kapcsolatban több szerző utal a növény kifejezett fény és hő (Hornok 1978, Bernáth és Tétényi 1981, Yadav et al. 1983), valamint nitrogén, foszfor, mész és bór igényére (Grábner 1948, Unk 1960, Láng 1976, Turkhede et al. 1981). Az Alkaloida Gyár Máktermelési Rendszere 1977 óta sugárkezelt vetőmagot, speciális gépeket és műtrágyázásra vonatkozó javaslatot is ad a termelőknek 120-150 kg/ha N, 80-100 kg/ha P_2O_5 és 80-100 kg/ha K_2O ajánlással (Anonym 1977). Antal (1987) szerint legalább 120-150 kg N, 90-110 kg P_2O_5 , 80-100 kg K_2O műtrágyaadag ajánlott hektáronként a közepesen ellátott talajon.

Sajnos a mák trágyázásával foglalkozó irodalom szegényes, e tekintetben periférikus kultúrának számít. A növény tápláltsági állapotának ellenőrzésére szolgáló levéldiagnosztikai optimumokat nem ismerjük, a Ny-európai szakirodalomból hiányzik a mák. Uthalatunk a Bergmann (1988) vagy a Martin-Prével et al. (1987) által összeállított és legismertebb kézikönyvekre. Mákot a fejlett Ny-európai országokban gyakorlatilag alig termesztnek, ill. a kutatásnak nem célnövénye.

A máktermesztés hazai fellendítése a hármas hasznosítás miatt (élelem, olaj, alkaloida) indokolt lesz a jövőben. Rendelkezünk hazai fajtákkal, megoldódott a máktermesztés teljes gépesítése. Fejlődés gátja az alacsony termésátlag, amely az olajnyerést gazdaságtalanná teszi. Vajon a szakszerű műtrágyázással mennyiben növelhető a mák termése, javítható minősége? Melyek a növénydiagnosztikai optimumok, amelyek lehetővé tehetik a növény ásványi táplálásának irányítását és ellenőrzését a tenyészidő folyamán? Szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletünkben ezekre a kérdésekre keressük a választ.

Továbbra is mérvadónak tekinthető ugyanis *Mórász (1979)* alábbi megállapítása, mely időszerűségéből mit sem vettett: "A mák műtrágyázására vonatkozó kísérleti eredményeink, melyek a gyakorlatnak megbízható tájékoztatást adhatnak, nincsenek. Régebbi adataink még a műtrágyázás kezdeti idejéből, a szerves trágyát kiegészítő műtrágyázásról adnak ismertetést. Ezeket ma már a műtrágyázás általános és egyedüli használatakor nem lehet figyelembe venni."

A kísérlet 10. évében, 1983-ban a Kék Duna fajtát termesztettük, melyet a Budakalászi Gyógynövénykutató Intézet nemesített. A fajta középmagas szilárd szárral, jó termő, morfin tartalma az ipart kielégíti, betegségekkel szemben viszonylag ellenálló. Az ajánlott sűrű vetésnél, 350-400 ezer db/ha állománynál átlagosan 2,2 tok/egyed, 2,4 g tok és 3,1 g mag, 12 mg morfin, 0,3 mg körüli thebain és kodein hozam mutatókkal jellemezhető.

Növénymintavételre törőzsás állapotban került sor, 9 belső sorból 3-3 gyökeres növényt nyűttünk ki, azaz 27 tövet parcellánként. Virágzás kezdetén a belső 8-8 sorból 4-4 növény bimbó alatti 3. kifejlett levelét gyűjtöttük be, azaz 32 levelet parcellánként. Betakarítás előtt tőszámlálást is végeztünk 8 sor x 6 fm = 48 fm-en parcellánként. Ezt követően a belső 8-8 sor állományáról a tokokat közvetlenül a bűtyök alatt kézzel levágtuk és a gyökeres szárat is kinyűttük. Mértük a toktermés, ill. a gyökér és a szár tömegét, meghatároztuk a tokok parcellánkénti számát. Kézzel kifejtettük a magot, mértük a mag és a tok tömegét.

Feljegyeztük a máktokbarkóval/máktokléggel károsított tokok számát és tömegét parcellánként. Megmértük a növények magasságát. A tok- és szárminták darálását megelőzően Vörös József és Szilágyi Judit meghatározta az előforduló gombabetegségek gyakoriságát. Ehhez parcellánként 20-20 db gyökeres egyedet használtunk (összesen 2560 db növényt). A magtermés olajtartalmát és zsírsavösszetételét a Növényolaj és Mosószeripari Vállalat laboratóriuma vizsgálta Lukács Dánielné irányításával. A növényi részek alkaloida tartalmát a budakalászi Gyógynövénykutató Intézet határozta meg, a sugárkezelt vetőmagot, vetőgépet, technológiát is biztosítva Földesi Dezső közreműködésével. Az ásványi elemzés az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében 10 elemre terjedt ki.

Mint említettük, a talajvíz 13-15 m mélyen helyezkedik el, így a műtrágyák hatását nem befolyásolja. A növények vízellátása döntően a csapadék függvénye, emiatt főként a kukorica aszályérzékeny ezen a termőhelyen. 1983-ban 421 mm

csapadék hullott, 169 mm-rel kevesebb a sokévi átlagnál (590 mm). Az elővetemény napraforgó kiszárította a talajt, de a mák vetéséig a téli félév alatt 226 mm eső hullott. Áprilisban 23, májusban 105, júniusban 14, júliusban 19 mm csapadékot kapott a kísérleti terület.

A kísérlet 10 éve alatt felhasznált hatóanyagok mennyiségeit, valamint a talaj $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{AL-P}_2\text{O}_5$ és $\text{AL-K}_2\text{O}$ készletét a 1. táblázat tünteti fel. A táblázat adatai szerint a $\text{NO}_3\text{-N}$ készlete 144, 273, 402 és 552 kg/ha mennyiséget tehetett ki a 0-60 cm rétegben a kezelések függvényében. A felvehető P_2O_5 tartalom 90 mg/kg értékről 459 mg/kg értékre nőtt, tehát megötszöröződött, a gyenge ellátottságtól az extrém túltrágyázott talajt is magában foglalva. A felvehető K_2O tartalma kevésbé látványosan nőtt meg a szántott rétegben a P_2O_5 -höz viszonyítva. A vályogtalaj eredeti "közepes" ellátottsága a "jó" ellátottsági kategóriába került a K-műtrágyázás nyomán.

1. táblázat Az alkalmazott trágyázás és a talaj felvehető elemkészlete, 1983

1. táblázat: A 12 alkalommal végzett és a talaj körvonalozott elemzése, 1982						
Elem jele	Kezelések, ill. ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
Adott hatóanyag, kg/ha/10 év						
N	0	1000	2000	3000	-	1500
P ₂ O ₅	0	1000	2000	3000	-	1500
K ₂ O	0	1000	2000	3000	-	1500
Talajban talált 1982 őszén, mg/kg sz.a.						
NO ₃ -N	16	30	45	61	6	38
P ₂ O ₅	90	177	343	459	30	267
K ₂ O	160	193	232	291	12	219

KCl-oldható $\text{NO}_3\text{-N}$ (0-60 cm), AL-oldható P_2O_5 és K_2O (0-20 cm)

8.2. Termés és termés elemek vizsgálata

A mák fejlettségét szárba indulás előtti törőzsás állapotban a PxK ellátás határozta meg. A gyökér és a földfeletti hajtás légszáraz tömege egyaránt 3-4-szeresére emelkedett a P-ral és K-mal egyaránt jól ellátott talajon. Ez a jó vagy kielégítő ellátottság a 200 mg/kg AL- P_2O_5 , ill. AL- K_2O érték körül jött létre. Virágzás idején csak a P-trágyázás hatása volt igazolható a légszáraz levél tömeggyarapodásán. Törőzsás állapotban a gyökér átlagosan 20, a hajtás 10, a virágzás előtti levél 15 % légszáraz anyagot tartalmazott. A forró száraz június folyamán a mák gyorsan szárba szökken és virágozni kezdett. Június 20-án a trágyázatlan parcellák növényei a virágzás kezdetén voltak, míg a PK-val jól ellátott talajon a teljes állomány virágzott, sőt a főhajtáson a virágzás már befejeződött (2. táblázat).

A júniusi és júliusi aszály eredményeképpen a kontroll, 10 éve semmiféle trágyázásban nem részesült parcellákon 200 kg/ha, míg az $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_2$ kezelésben 800 kg/ha magtermést kaptunk. Maximális termések az $\text{N}_1\text{P}_1\text{K}_2$ kombinációban jelentkeztek, tehát az évenkénti 100 kg/ha N, valamint a 177 mg/kg AL- P_2O_5 ill.

232 mg/kg AL-K₂O ellátottságú talajon. Itt a szártermés a kontrollon 708 kg/ha, míg az N₁P₁K₂ kezelésben 2084 kg/ha mennyiséget tett ki. A tok ugyanitt 182 kg/ha és 586 kg/ha között ingadozott. A kiegyensúlyozott táplálással tehát az aszály negatív következményeit mérsékelni tudtuk.

2. táblázat A PxK ellátás hatása a mák fejlődésére, 1983

AL-K ₂ O mg/kg	(AL)-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%} 30	Átlag 267
	90	177	343	459		
Bonitálás állományfejllettségre 06. 01-jén, törőzsás állapot						
160	1,4	3,2	3,2	3,0		2,7
193	1,9	3,8	4,0	4,0	0,6	3,4
232	2,2	4,1	4,6	4,9		4,0
291	2,1	4,4	4,8	4,6		4,0
Átlag	1,9	3,9	4,2	4,1	0,3	3,5
Légszáraz gyökér g/27 db 06. 01-jén, törőzsás állapot						
160	10	29	28	23		23
193	14	34	34	36	8	30
232	11	30	35	33		27
291	13	36	43	33		31
Átlag	12	32	35	31	4	28
Légszáraz hajtás g/27 db 06. 01-jén, törőzsás állapot						
160	35	95	103	84		79
193	53	108	108	124	28	98
232	45	114	110	120		97
291	56	96	129	120		100
Átlag	48	103	112	112	14	94
Bonitálás virágzásra 06. 20-án						
160	1,6	3,2	3,2	3,2		2,8
193	2,2	3,5	3,9	3,9	0,7	3,7
232	2,1	4,0	4,2	4,6		3,8
291	2,0	4,0	4,2	4,5		3,7
Átlag	2,0	3,7	3,9	4,1	0,3	3,4

Bonitálás 06. 01-jén: 1 = igen gyengén fejlett, 5 = igen jól fejlett állomány

Bonitálás 06. 20-án: 1 = 10 % alatt virágzik, 5 = 100 % virágzik

Törózsás állapotban gyökér átlagosan 20, hajtás 10 % légszáraz anyaggal

Hely hiányában csak a PxK kéttényezős táblázatok eredményeit közöljük a N-kezelések átlagában. A bemutatott adatokból látható, hogy a betakarításkori összes légszárazanyag hozamból a gyökér átlagosan 16, a szár 49, a tok 15, míg a mag 20 %-kal részesedett. A mag 6, a gyökér és szár 7, a tok átlagosan 10 % nedvességtartalommal rendelkezett ekkor. Tehát a szárazanyag-hozam mintegy felét a szár adta. A hasznos termésnek tekintett tok+mag aránya kb. 1/3-ot jelenthet. A kontroll talajon 1,3, az N₁P₁K₂ kezelésben 4,3 t/ha volt az összes légszáraz hozam (3. táblázat).

Amennyiben a meghatározó PxK táplálás hatását vizsgáljuk a mák terméselemeire megállapítható, hogy a PK-ellátással javult a tok tömege g/db, a tokszám db/növény, a tok tömege g/növény, valamint a tokszám 1000 db/ha mutató is az AL-P₂O₅ 177 mg/kg, ill. AL-K₂O 232 mg/kg ellátottsági szintig. Az aratáskori tőszám átlagosan 218 ezer db/ha volt a kísérletben, melyet a PK-ellátás nem módosított. A N-trágyázás viszont 10 % igazolható tőszámcsökkenéshez vezetett a kontrollhoz képest (4. táblázat).

3. táblázat A PxK ellátás hatása a mák légszáraz termésére, 1983

AL-K ₂ O mg/kg	Ammonlaktát(AL)-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%} 30	Átlag 267
	90	177	343	459		
Gyökér t/ha						
160	0,31	0,47	0,42	0,42	0,08	0,40
193	0,31	0,52	0,49	0,52		0,46
232	0,33	0,56	0,55	0,54		0,49
291	0,33	0,59	0,57	0,52	0,04	0,50
Átlag	0,32	0,54	0,51	0,50		0,46
Szár t/ha						
160	0,87	1,42	1,28	1,27	0,20	1,21
193	0,91	1,61	1,46	1,80		1,44
232	1,12	1,82	1,88	1,68		1,62
291	0,97	1,79	1,79	1,63	0,10	1,55
Átlag	0,97	1,66	1,60	1,59		1,46
Tok t/ha						
160	0,22	0,42	0,41	0,40	0,09	0,36
193	0,29	0,49	0,47	0,49		0,44
232	0,32	0,53	0,50	0,56		0,48
291	0,32	0,54	0,57	0,54	0,05	0,49
Átlag	0,29	0,50	0,49	0,50		0,44
Mag t/ha						
160	0,26	0,59	0,57	0,57	0,13	0,50
193	0,35	0,68	0,67	0,69		0,60
232	0,39	0,75	0,70	0,77		0,65
291	0,38	0,75	0,75	0,72	0,07	0,65
Átlag	0,34	0,69	0,67	0,69		0,60

Megjegyzés: A N-trágyázás 71 kg mag és 76 kg tok többletet adott hektáronként. A mag 6, a gyökér és szár 7, a tok 10 % nedvességtartalommal.

Megemlítjük, hogy a N-túlsúly tőszámcsökkentő hatását különösen a cukorrépa jelezte ezen a talajon 20 %-os pusztulással 1981. évben (Kádár és Kiss 2000). Az optimális PxK ellátás a kontrollhoz képest növelte az 1000-mag tömegét, az 1 tokra eső maghozamot és magszámot, így megháromszorozva a növényenkénti teljesítményt. Meghatározónak itt is a P-trágyázás bizonyult, melynek hatására az 1000-magtömeg átlagosan 15 %-kal, a tokonkénti magszám 37 %-kal, a tokonkénti

maghozam 52 %-kal, a növényenkénti maghozam pedig 106 %-kal emelkedett. A kívánatos P-ellátottságnak itt is a 177 mg/kg AL-P₂O₅ tartalom bizonyult. Az e feletti P-szinteken a termés tovább nem nőtt, de nem is csökkent bizonyíthatóan (5. táblázat).

4. táblázat PxK ellátás hatása a mák légszáraz toktermésére, 1983

AL-K ₂ O	Ammonlaktát(AL)-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
mg/kg	90	177	343	459	30	267
Üres tok g/db						
160	0,84	1,14	1,06	1,04		1,02
193	0,91	1,19	1,16	1,16	0,12	1,10
232	0,91	1,20	1,20	1,29		1,15
291	0,94	1,30	1,27	1,27		1,19
Átlag	0,90	1,21	1,17	1,19	0,06	1,12
Tok db/növény						
160	1,2	1,7	1,8	1,8		1,6
193	1,5	1,9	1,9	1,9	0,3	1,8
232	1,6	2,0	1,9	2,0		1,9
191	1,5	1,9	2,0	1,9		1,9
Átlag	1,4	1,9	1,9	1,9	0,2	1,8
Tok tömege g/növény						
160	1,01	1,94	1,91	1,87		1,68
193	1,36	2,26	2,20	2,20	0,40	2,00
232	1,46	2,40	2,30	2,58		2,18
291	1,41	2,47	2,54	2,41		2,21
Átlag	1,31	2,27	2,24	2,26	0,20	2,02
Tok 1000 db/ha						
160	262	364	385	391		351
193	321	412	409	417	62	389
232	347	443	413	434		409
291	329	421	445	422		404
Átlag	315	410	413	416	31	388

Megjegyzés: Aratáskori tőszám átlagosan 218 ezer db/ha, melyet a N túlsúlya 10 %-kal igazolhatóan csökkentett a kontrollhoz képest

Összefüggést vizsgáltunk az egyedi máknövény tömege és egyéb mért paraméterei között. A 80-100 cm magas állományban az 50-60 cm magas növények nem képesek fényigényüket kielégíteni, produkciójuk elenyészővé válik. A heterogenitás rendkívüli, nagyságrendi eltérések jelentkeznek a növényi szervek tömegét illetően. A magasabb, fejlettebb egyedeknél nő a mag/tok, valamint a földfeletti/gyökér részek tömegaránya, a tokszám, tokátmérő, 1000-magtömeg, 1 tokra eső magsúly, a mag olaj %-a, olaj és morfinbázis hozama (2. ábra, 6. táblázat).

Az egyedi növények analízise azt mutatta, hogy a megfelelő teljesítményt nyújtó egyedeknél a gyökér minimálisan 1,03 % N, 0,20 % P, 2,05 % K tartalommal rendelkezett. A szárban ezek az értékek 1,26 % N, 0,13 % P, 2,44 % K koncentrációt jeleztek. A Fe, Mn, Zn, Cu mikroelemek mennyisége csökkent a nagyobb tömegű növényekben (hígulási effektus). Hasonlóképpen a tok Ca %-a is mérséklődött a fejlettebb egyedekben. Egyébként a toktermés bizonyult leggazdagabbnak az NPK tartalmak tekintetében, a minimális N % 1,79, P % 0,28, K % 3,49 értéket mutatott a 6. táblázat adatai szerint. Mivel a tok magterméseit az olajtartalom vizsgálata során használtuk fel, az ásványi elemeket az egyedi növények magtermésében nem tudtuk meghatározni.

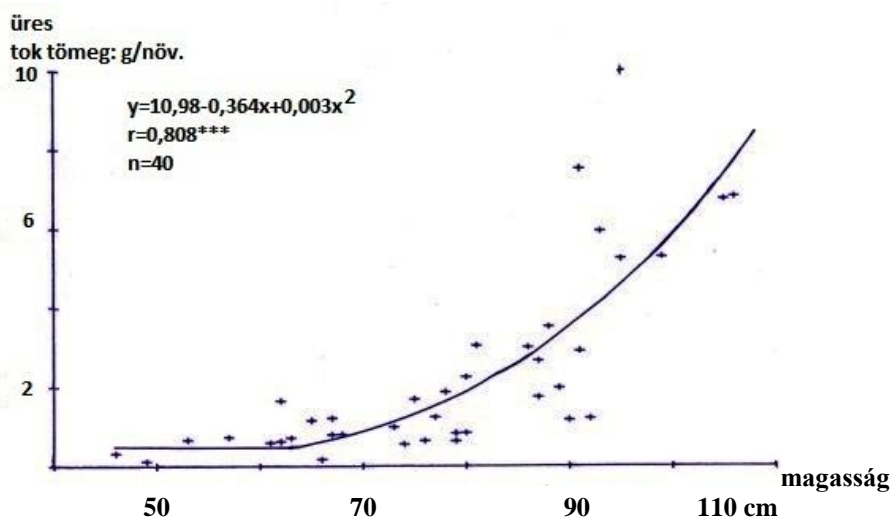
4. táblázat PxK ellátás hatása a mák légszáraz toktermésére, 1983

AL-K ₂ O mg/kg	Ammonlaktát(AL)-oldható P ₂ O ₅ , mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Üres tok g/db						
160	0,84	1,14	1,06	1,04		1,02
193	0,91	1,19	1,16	1,16	0,12	1,10
232	0,91	1,20	1,20	1,29		1,15
291	0,94	1,30	1,27	1,27		1,19
Átlag	0,90	1,21	1,17	1,19	0,06	1,12
Tok db/növény						
160	1,2	1,7	1,8	1,8		1,6
193	1,5	1,9	1,9	1,9	0,3	1,8
232	1,6	2,0	1,9	2,0		1,9
191	1,5	1,9	2,0	1,9		1,9
Átlag	1,4	1,9	1,9	1,9	0,2	1,8
Tok tömege g/növény						
160	1,01	1,94	1,91	1,87		1,68
193	1,36	2,26	2,20	2,20	0,40	2,00
232	1,46	2,40	2,30	2,58		2,18
291	1,41	2,47	2,54	2,41		2,21
Átlag	1,31	2,27	2,24	2,26	0,20	2,02
Tok 1000 db/ha						
160	262	364	385	391		351
193	321	412	409	417	62	389
232	347	443	413	434		409
291	329	421	445	422		404
Átlag	315	410	413	416	31	388

Megjegyzés: Aratáskori tőszám átlagosan 218 ezer db/ha, melyet a N túlsúlya 10 %-kal igazolhatóan csökkentett a kontrollhoz képest

5. táblázat PxK-ellátás hatása a mák terméselemeire, 1983

AL-K ₂ O mg/kg	Ammonlaktát(AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%} 30	Átlag 267
	90	177	343	459		
1000-mag tömege, g						
160	0,38	0,45	0,45	0,46	0,04	0,43
193	0,40	0,44	0,45	0,46		0,44
232	0,40	0,46	0,46	0,46		0,45
291	0,41	0,45	0,46	0,46	0,02	0,45
Átlag	0,40	0,45	0,46	0,46		0,44
Magszám 1000 db/tok						
160	2,6	3,6	3,3	3,2	0,6	3,2
193	2,8	3,8	3,6	3,6		3,4
232	2,8	3,7	3,7	3,8		3,5
291	2,8	4,0	3,7	3,7	0,3	3,6
Átlag	2,7	3,8	3,6	3,6		3,4
Mag g/tok						
160	0,97	1,61	1,48	1,45	0,20	1,38
193	1,11	1,65	1,64	1,66		1,51
232	1,13	1,69	1,68	1,77		1,57
291	1,16	1,80	1,68	1,71	0,10	1,59
Átlag	1,09	1,69	1,62	1,65		1,51
Maghozam g/növény						
160	1,16	2,74	2,66	2,61	0,60	2,21
193	1,66	3,13	3,12	3,15		2,72
232	1,81	3,38	3,19	3,54		2,98
291	1,74	3,42	3,36	3,25	0,30	3,02
Átlag	1,53	3,21	3,08	3,14		2,72



2. Ábra: A mák növény magassága és az üres toktermés összefüggése

6. táblázat Összefüggések a mák tömege és egyéb paramétereinek között, 1983

Mért tulajdonság ill. terméselem	Egyedi gyökeres növény légszáraz tömege, g/db				
	2	5	20	39	53
Növénymagasság, cm	46	66	89	106	95
Gyökér, g/növény	0,4	0,9	2,8	4,7	6,0
Szár, g/növény	1,1	2,5	8,6	18,8	18,6
Tok, g/növény	0,3	0,9	3,6	6,8	10,0
Mag, g/növény	0,4	0,9	5,2	8,6	18,4
Mag/tok arány	1,2	1,0	1,3	1,3	1,8
Földfeletti rész/gyökér arány	4,5	5,1	5,7	7,3	7,6
Tokszám db/növény	1,0	1,0	3,0	5,0	5,0
Tokátmérő cm/tok	1,7	2,6	2,7	2,8	3,6
Tokátmérő cm/növény	1,7	2,6	8,1	14,0	18,0
Mag, g/tok	0,4	0,9	1,7	1,7	3,7
1000-mag tömege, g	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Mag olaj %-a	35	38	40	41	40
Tok morfinbázisa, %	10	8	8	7	6
Olajhozam, g/növény	0,2	0,4	2,1	3,5	7,4
Morfinbázis, mg/növény	4,0	7,2	28,8	47,6	60,0
Gyökérben					
N %	1,55	1,00	1,20	1,03	1,15
P %	0,11	0,10	0,25	0,20	0,21
K %	0,93	1,20	2,80	2,05	3,00
Szárban					
N %	1,59	1,44	1,70	1,73	1,26
P %	0,06	0,07	0,28	0,31	0,13
K %	1,79	2,10	2,70	2,44	2,79
Fe mg/kg	434	180	100	98	105
Mn mg/kg	51	35	30	40	28
Zn mg/kg	24	15	8	7	9
Cu mg/kg	8	6	6	5	4
Tokban					
N %	1,98	1,90	1,89	1,85	1,79
P %	0,10	0,20	0,59	0,49	0,28
K %	2,37	2,90	3,83	5,40	3,49

Főbb eredményeink:

1. A PxK kölcsönhatások már a korai fejlődési szakaszban, a törőzsás állapotban kifejezettek voltak és a virágzás is 7-10 nappal előbb kezdődött, ill. fejeződött be a jól ellátott talajon. Az aszályos 1983. évben a 10 éve nem trágyázott talajon 200 kg/ha, míg az optimális N₁P₁K₂ kezelésben 800 kg/ha magtermést

kaptunk. A toktermés ugyanitt 182 kg/ha-ról 586 kg/ha-ra, a szártermés 708 kg/ha-ról 2084 kg/ha-ra emelkedett.

2. Kielégítő ellátottságot (optimumot) a 177 mg/kg AL-P₂O₅, ill. 232 mg/kg AL-K₂O jelentette a szántott rétegben. A kiegyensúlyozott PK-ellátottság az aszály negatív hatását jelentős mértékben ellensúlyozta, a túltrágyázás sem okozott igazolható depressziót. A N-túlsúly viszont 10 %-os igazolható tőszámcsökkenést eredményezett.
3. Az összes légszáraz hozam a kontrollon 1,3 t/ha, az N₁P₁K₂ kezelésben 4,3 t/ha mennyiséget tett ki. A gyökér átlagosan 16, a szár 49, a tok 15, a mag 20 %-kal részesedett a betakarítás kori légszáraz hozamból.
4. A PK-ellátással nőtt a tok g/db, tok db/növény, tok 1000 db/ha mutató is. A P-trágyázás döntően befolyásolta a termés elemek alakulását: az 1000-magtömeg átlagosan 15, a tokonkénti magszám 37, a tokonkénti maghozam 52, a növényenkénti maghozam 106 %-kal emelkedett.
5. Az egyedi növénytermelés nagyságrendi eltéréseket mutathat. A 80-100 cm magas állományban az 50-60 cm-es egyedek fény- és tápelemigényüket nem képesek kielégíteni, így drasztikusan csökken a tokszám, tokátmérő, 1000-magtömeg, tokonkénti magtömeg, mag olaj %-a, valamint az olaj és morfinbázis hozama. Az egyedi növények analízise szerint a fejletlen állapotot az alacsony P és K koncentráció, ill. felvétel is jelezheti.

8.3. Betegségellenállóság, zsírsavösszetétel és alkaloida-tartalom

A következőkben a tápelemellátás hatását elemezzük a mák betegség ellenállására, olaj- és zsírsavösszetételére, alkaloida tartalmára és hozamára, ásványi összetételére, valamint elemfelvételére.

Korompenész fertőzést mutatott betakarításkor a tokok 46 %-a. A máktokbarkó, ill. a máktoklégy károsítása az idejében végzett védekezés eredményeképpen jelentéktelen maradt, átlagosan 2,4 %-ot tett ki. Nagy különbségek mutatkoztak viszont a kezeléseket függvényében. Az NxP túltáplálás nyomán a máktokbarkó kártétele 4-5-szörösére nőtt. Irodalmi adatok és a saját megfigyeléseink szerint az abnormálisan túltáplált növénynek megváltozik az összetétele, a növény anyagcseréje, biokémiája.

A beépült stabil végtermékek mint a fehérjék, keményítő stb. rovására felhalmozódnak a könnyen oldható ásványi (nitrát, foszfát, szulfát stb.) és szerves (szerves savak, szabad aminosavak, kismolekulájú cukrok ill. félkész termékek) összetevők. Eltolódik az ásványi N/ szerves anyagba épült N aránya, az egyszerű cukrok/keményítő aránya, szabad aminosav/fehérjébe épült aminosav aránya. A felhalmozódó félkész termékek a növény felületén is kiválnak, a tapintásra is ragadosabb növényi felületek vonzzák a szívó és rágó kártevőket, gombákat, melyeknek táplálékul szolgálnak. Így a kártevők és kórokozók "kiselejtezik" a túltáplált egészségtelen egyedeket (Voisin 1964, Mengel 1976, Bergmann 1988, 1992, Kádár 1990, 1992).

7. táblázat NXP ellátás hatása a mák betegség-ellenállóságára 1983

N kg/ha évente	Ammonlaktát(AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Korompenész fertőzés az összes tok %-ában						
0	42	44	45	36		42
100	36	49	45	44	13	44
200	42	48	51	44		46
300	48	57	50	53		52
Átlag	42	49	48	44	7	46
Máktokbarkó fertőzés az összes tok %-ában						
0	0,7	1,4	1,2	1,4		1,2
100	1,5	1,8	3,6	5,2	1,0	3,0
200	1,1	1,8	3,0	4,2		2,5
300	0,6	2,3	3,7	5,5		3,0
Átlag	1,0	1,8	2,9	4,1	0,5	2,4
Máktokbarkóval fertőzött összes tokok tömege g/db						
0	0,4	1,2	1,8	1,7		1,2
100	1,0	1,9	1,7	1,6	0,4	1,6
200	1,2	1,5	1,8	1,3		1,4
300	0,8	1,4	1,6	1,8		1,4
Átlag	0,8	1,5	1,7	1,6	0,2	1,4

Amint a 7. táblázatban látható, a máktokbarkó által károsított tokok %-a azon P-ral és N-nel túltáplált kezeléskombinációkban nőtt meg ugrásszerűen, ahol a termésre már pozitív hatás nem jelentkezett. A korompenész előfordulására a P-túlsúly nem volt hatással, a N-túlsúly azonban bizonyíthatóan együtt járt a nagyobb fertőzéssel. Összességében tehát elmondható, hogy az indokolatlan NP-túltrágyázás nem a hasznos termést, hanem a betegségek és kártevők fellépésének gyakoriságát növelte. Megemlítjük, hogy a korábbi években e területen mákot nem termesztettünk és 1983-ban a környéken sem volt máktábla.

Amennyiben a máktokbarkóval fertőzött tokok tömegét vizsgáljuk megállapítható, hogy a károsítás gyakorisága a kifejlett/túlfejlett tokokat érintette elsősorban. Így a gazdasági kár a kontroll parcellán 1 % körül vagy alatt maradhatott, míg a jól táplált kifejlett tokkal rendelkező állományban a magtermés közel 10 %-át is (N₃P₃ kezelés) károsíthatta a máktokbarkó ill. máktokklé a 7. táblázatban bemutatott adatok szerint.

A mákmag olajtartalmát a N-trágyázás igazolhatóan, 2,4 %-kal mérsékelte. A P-ellátás mértéke e mutatóra nem volt hatással. Az olaj összetételét tekintve megállapítható, hogy a linolsav a 72 %-ot meghaladóan az irodalmi adatokhoz viszonyítva is emelkedett, míg az olajsav 17 %-os átlaga alacsonyabb szintet képviselt az adott évben és fajtánál. Az együttes NP-ellátás növelésével

párhuzamosan az olajsav mennyisége csökkent, míg a linolsav mennyisége nőtt a mag olajában, tehát módosult a két zsírsav egymáshoz viszonyított aránya. A linolinsav koncentrációja az olajsavhoz hasonlóan mérséklődött a javuló NP-kínálattal, átlagos tartalma az olajnak alig 1 %-át tette ki. A palmitinsav 8, a sztearinsav 2 %-ot tett ki az olajban és nem módosult a tápláltság függvényében (8. táblázat).

Megemlítjük, hogy ugyanitt az előző évben termett napraforgó-kaszatok olajtartalma 45-50 % között ingadozott az NP-ellátás függvényében. Kereken és átlagosan az olaj 66 %-át a linolsav, 24 %-át az olajsav, 6 %-át a palmitinsav és 4 %-át a sztearinsav alkotta (Kádár *et al.* 2001). A zsírsavösszetétel tehát a két vizsgált olajnövény magtermésében kétségtelenül közelálló, hasonló.

8. táblázat NxP ellátás hatása a mák magtermésének olaj %-ára és a zsírsav összetételére, 1983

N kg/ha évente	(AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD ₅ %	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Olaj %						
0	44,7	46,1	45,3	44,9		45,3
100	43,6	43,5	42,6	42,8	1,6	43,1
200	43,2	43,8	43,0	43,2		43,3
300	42,7	43,5	43,0	42,5		42,9
Átlag	43,6	44,2	43,5	43,4	0,8	43,7
Olajsav (18:1) % az olajban						
0	17,9	17,5	17,4	16,9		17,4
100	18,4	16,5	16,6	16,4	0,8	17,0
200	18,2	16,5	16,4	16,2		16,8
300	17,7	16,4	16,6	16,3		16,8
Átlag	18,0	16,7	16,8	16,5	0,4	17,0
Linolsav (18:2) % az olajban						
0	71,0	71,8	72,0	72,7		71,9
100	71,0	72,7	73,1	73,3	1,0	72,5
200	71,4	72,7	73,0	73,1		72,6
300	71,7	73,1	72,5	73,2		72,6
Átlag	71,3	72,6	72,7	73,1	0,5	72,4
Linolsav (18:3) % az olajban						
0	1,05	0,98	0,95	0,88		0,96
100	1,00	0,93	0,85	0,82	0,15	0,90
200	0,95	0,93	0,85	0,83		0,89
300	0,88	0,85	0,85	0,83		0,87
Átlag	0,97	0,92	0,88	0,84	0,08	0,90

A száraz toktermés összes alkaloida készlete átlagosan 9,3 mg/g, azaz 9,3 ezrelék mennyiséget tett ki. Ebből 7,2 mg/g volt a morfin, 1,1 mg/g a narkotolin, 0,7 mg/g a narkotin és 0,2 mg/g a thebain. A N-trágyázás minden morfinbázis-összetevő koncentrációját növelte, hiszen a N az alkaloidák alkotó eleme. Ezzel

szemben a javuló P-ellátással az alkaloidák mennyisége a thebain kivételével csökkent. A thebain esetében változást nem lehetett igazolni. Bár a gyökér az alkaloidák szintézisének is szerve, az összes alkaloida készlete szárazanyagra számolva 0,1-0,2 mg/kg koncentráció alatt maradt és nem változott a tápláltság függvényében. A képződő alkaloidák ugyanis folyamatosan a föld feletti szervekbe vándorolnak. Törőzsás állapotban a hajtás 5,2 mg/g összes alkaloidát, ill. 4,6 mg/g morfint és 0,6 mg/g thebaint tartalmazott átlagosan az NPK-ellátástól függetlenül (9. táblázat).

9. táblázat NxP ellátás hatása a mák tok alkaloida tartalmára 1983

N kg/ha évente	(AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD _{5%}	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Összes alkaloida mg/g sz.a.						
0	9,7	9,2	8,4	7,8		8,8
100	11,8	8,7	8,9	8,1	3	9,4
200	10,4	9,2	9,3	8,2		9,3
300	10,4	9,6	9,6	9,8		9,8
Átlag	10,6	9,2	9,0	8,5	1,5	9,3
Morfín mg/g sz.a.						
0	7,2	7,2	6,8	6,3		6,8
100	7,8	7,2	6,9	6,6	0,5	7,1
200	7,5	7,4	7,4	7,6		7,5
300	7,5	7,3	7,5	6,8		7,3
Átlag	7,5	7,3	7,2	6,8	0,3	7,2
Narkotolin mg/g sz. a.						
0	1,4	1,0	0,8	0,8		1,0
100	2,2	0,7	1,0	0,7	0,5	1,1
200	1,5	1,1	0,9	1,0		1,1
300	1,4	1,2	1,0	0,6		1,1
Átlag	1,6	1,0	0,9	0,8	0,3	1,1
Narkotin mg/g sz.a.						
0	0,94	0,66	0,66	0,47		0,68
100	1,50	0,50	0,69	0,54	0,31	0,81
200	0,97	0,72	0,63	0,75		0,77
300	1,00	0,63	0,72	0,50		0,71
Átlag	1,10	0,63	0,68	0,57	0,16	0,74
Thebain mg/g sz.a.						
0	0,16	0,11	0,13	0,19		0,15
100	0,15	0,14	0,17	0,21	0,12	0,17
200	0,16	0,17	0,17	0,13		0,16
300	0,20	0,17	0,16	0,26		0,20
Átlag	0,17	0,15	0,16	0,20	0,06	0,17

Mag- és toktermés tömegét döntően a PxK ellátás határozta meg, megháromszorozta, így az olaj és alkaloida hozamait is a PxK ellátás függvényében a 10. táblázatban mutatjuk be. A táblázat adatai szerint a javuló P-ellátással az

átlagos olajhozam megkétszereződik, az együttes PxK táplálás eredményeképpen pedig háromszorozódik a kontrollhoz viszonyítva. Az összes alkaloida mennyiségét a PK-trágyázás 2,2 kg-ról 5,0 kg körüli mennyiségre növeli ha-onként. Hasonló módon javult a morfin és narkotin betakarított mennyisége, míg a thebain hozama 3-4-szeresére ugrott a legjobban ellátott kezelésekben. Megjegyezzük, hogy ugyanitt 1982-ben a napraforgó olajhozama 1,5 t/ha volt átlagosan a 3 t/ha körüli átlagterméssel, tehát a mák átlagos olajhozamának 6-szorosa volt.

10. táblázat PxK ellátás hatása a mák magtermésének olaj, illetve toktermésének alkaloida hozamára 1983

AL-K ₂ O mg/kg	(AL)-oldható P ₂ O ₅ mg/kg				SzD ₅ %	Átlag
	90	177	343	459	30	267
Olajhozam kg/ha						
160	109	258	247	242		214
193	156	302	294	301	62	263
232	171	327	304	334		284
291	167	338	325	315		286
Átlag	150	306	293	298	31	262
Összes alkaloida kg/ha						
160	2,23	3,44	3,86	3,64		3,38
193	3,11	3,99	4,16	4,25	0,88	3,96
232	3,50	4,58	4,61	5,66		4,58
291	3,24	4,73	4,88	4,82		4,47
Átlag	3,03	4,21	4,39	4,57	0,44	4,10
Morfin kg/ha						
160	1,60	2,74	2,96	2,90		2,58
193	2,18	3,26	3,31	3,42	0,70	3,07
232	2,35	3,68	3,61	4,42		3,51
291	2,46	3,86	4,08	3,74		3,56
Átlag	2,15	3,39	3,49	3,63	0,35	3,18
Narkotin g/ha						
160	232	208	333	255		272
193	355	263	284	273	108	318
232	270	294	324	321		314
291	403	368	361	403		405
Átlag	315	282	332	313	54	326
Thebain g/ha						
160	33	71	70	65		58
193	52	88	71	88	30	74
232	41	62	80	106		72
291	64	62	87	134		87
Átlag	49	74	78	99	15	75

A 177 mg/kg AL-P₂O₅, ill. 232 mg/kg AL-K₂O ellátottság felett statisztikailag az olajhozam ill. összes alkaloida hozam többletei már nem igazolhatók. A mák tehát 200 mg/kg körüli AL-P₂O₅, valamint 250 mg/kg körüli AL-K₂O ellátottságú,

hasonló összetételű/tulajdonságú talajon maximálisan kielégítheti foszfor és kálium igényét. Kétségtelen az is, hogy az extrém PK-szinteken sem következett be depresszió, sőt az olaj és alkaloida hozamok maximumai gyakran ezekben a kezelésekből jelentkeztek.

8.4. Ásványi elemtartalom és elemfelvétel

A légszáraz mák ásványi összetételéről az NPK szintek függvényében a 11. táblázat tájékoztat. Látható, hogy N hatására minden növényi részben nő a N %-a. Diagnosztikai szempontból megállapítható, hogy a törőzsás korú hajtásban 2,5-3,0 %, a virágzás előtti levélben 3,0-3,5 % N tekinthető kielégítő ellátottságnak, optimumnak. A P esetén ez az optimális tartalom a törőzsás korú hajtásban 0,50-0,60 %, a virágzás előtti levélben 0,40-0,50 % P-tartalomnál állhat fenn. Az optimális K % a törőzsás hajtásban 5,0-6,0, a virágzás előtti levélben 3,0-4,0 % közötti tartományban található.

Az átlagos elemtartalmak arra utalnak, hogy a mag és a virágzás előtti levél a leggazdagabb N-ben. Maximális P-koncentrációkat a mag mutatott. Hasonlóképpen a Zn is a magban dúsul, a tok és szár betakarítás idejére kiürül. Fordított a helyzet a K esetében, mely főképpen a fiatal vegetatív szervekben halmozódik fel. Minden növényi részben/szervben jelentkezett a P/Zn ionantagonizmus, mely különösen kifejezetté vált a magtermésben, ahol a P-túlsúlyos talajon a mag Zn-tartalma a kontrollon mértnek csaknem a felére süllyedt (11. táblázat).

A mák szerveinek makro- és mikroelem összetételéről nyújt áttekintést a 12. táblázat. Összevethető a fiatal törőzsás korú és a betakarítás kori gyökér elemkészlete. Látható, hogy az előreledő gyökér tápelemekben elszegényedik a Ca kivételével, melynek készlete megkészszerződik. A föld feletti vegetatív szerveket vizsgálva konstatálható, hogy a törőzsás korú hajtás elemkészletének jelentős része a levélbe, tokba, magba vándorolt és az aratáskori szár elemeinek koncentrációja lezuhant. A szárhoz viszonyítva a tok minden vizsgált makro elemében és Cu-ben is dúsult. A mag N, P, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu tartalma meghaladja a szár elemeinek koncentrációját.

A kis terméssel a mák elemfelvétele is mérsékelt maradt. A 2,5 t/ha összes föld feletti terméssel mindössze 50 kg körüli N és K, 39 kg Ca, 9 kg P, 7 kg Mg, 5 kg Na, 0,5 kg Fe, 140 g Mn és 20-30 g Cu és Zn távozhat hektáronként. A beépült K 65, Ca 47, Mg 41, Fe 86, Mn 48 %-át a szár, a Na 52 %-át a tok, míg a N 47, P 57, Zn 61, Cu 45 %-át a magtermés akkumulálta. Fajlagos, azaz 1 t mag + a hozzá tartozó tok és szár elemigénye 83 kg N, 16 kg P (37 kg P_2O_5), 93 kg K (112 kg K_2O), 65 kg Ca, 11 kg Mg, 8 kg Na, ill. kerekén 800 g Fe, 200 g Mn, 50 g Zn és 30-40 g Cu mutatókkal jellemezhető hasonló talajon.

A kísérletben a mák rendkívül trágyaigényesnek mutatkozott, ill. extrém trágyahatásokat (elsősorban P, részben K) jelzett. Esetenként kiugró módon változott elemi összetétele is. Mindebből adódóan elemfelvétele eltérő minimum és maximum értékekkel volt jellemezhető. A kontroll és a túltrágyázott kezelésekből mért elemfelvételi adatokat a 8. táblázat foglalja össze. A táblázat eredményei szerint a betakarítás kori földfeletti növény összes elemkészlete az alábbi

maximum/minimum értékeket mutatta elemenként, kerekítve: Zn, Cu, Na 2-3; Ca és N 3-4, K, Mn, Mg, Fe 4-5; míg a P 8-szoros eltérést mutatott. A felvett összes P mennyisége is 8-szorosára nőtt a túltrágyázott talajon a trágyázatlan kontrollhoz képest. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára a mák trágyaigényének megállapításában (13. táblázat).

11. táblázat NPK-ellátás hatása a légszáraz mák elemtartalmára 1983

Növényi rész	NPK-ellátottsági szintek				SzD _{5%}	Átlag
	0	1	2	3		
N % (N hatására)						
Gyökér ¹	1,80	1,92	1,94	1,98	0,07	1,91
Hajtás ¹	2,90	3,15	3,34	3,44	0,14	3,21
Levél ²	3,26	3,92	4,03	4,08	0,09	3,82
Gyökér ³	0,97	1,14	1,21	1,23	0,05	1,14
Szár ³	0,84	1,24	1,38	1,36	0,07	1,20
Tok ³	1,50	2,06	2,10	2,16	0,06	1,96
Mag ³	3,72	3,94	3,96	3,99	0,06	3,90
P % (P hatására)						
Gyökér ¹	0,42	0,51	0,57	0,61	0,03	0,53
Hajtás ¹	0,31	0,52	0,60	0,63	0,04	0,52
Levél ²	0,29	0,36	0,41	0,44	0,02	0,38
Gyökér ³	0,16	0,20	0,26	0,32	0,02	0,24
Szár ³	0,07	0,12	0,16	0,21	0,03	0,14
Tok ³	0,16	0,32	0,46	0,59	0,02	0,38
Mag ³	0,77	0,87	0,92	0,93	0,02	0,88
Zn mg/kg (P hatására)						
Gyökér ¹	18	17	16	15	2	17
Hajtás ¹	27	26	24	24	2	25
Levél ²	29	19	19	16	4	21
Gyökér ³	13	10	9	9	2	10
Szár ³	7	5	5	5	1	6
Tok ³	9	8	7	7	1	7
Mag ³	45	28	24	24	3	30
K % (K hatására)						
Gyökér ¹	4,41	4,56	4,88	4,96	0,20	4,70
Hajtás ¹	4,05	4,98	5,55	6,10	0,24	5,17
Levél ²	2,64	3,23	3,58	3,84	0,22	3,32
Gyökér ³	1,78	2,04	2,23	2,48	0,25	2,13
Szár ³	1,87	2,27	2,58	2,86	0,16	2,40
Tok ³	3,08	3,12	3,12	3,16	0,06	3,12
Mag ³	0,98	1,01	1,04	1,01	0,03	1,01

¹ tőrőzsás állapot 06. 01-jén; ² virágzás előtt 06.16-án; ³ betakarításkor 07. 20-án

12. táblázat A légszáraz mák szerveinek átlagos elemtartalma, 1983

Elem jele	Mérték egység	Gyökér		Hajtás	Levél	Szár	Tok	Mag
		06.01.	07.20.	06. 01.	06. 16.	07. 20.	07. 20	07. 20.
K	%	4,70	2,13	5,18	3,32	2,40	3,12	1,01
N	%	1,91	1,14	3,21	3,82	1,20	1,96	3,90
P	%	0,53	0,24	0,52	0,38	0,14	0,38	0,88
Ca	%	0,50	1,00	2,52	3,77	1,26	2,98	1,24
Mg	%	0,29	0,23	0,60	0,70	0,19	0,43	0,35
Na	%	0,24	0,10	0,52	0,70	0,06	0,56	0,23
Fe	%	0,26	0,21	0,23	-	-	-	-
Fe	mg/kg	-	-	-	137	292	48	75
Mn	mg/kg	86	77	131	122	46	50	85
Zn	mg/kg	17	10	25	21	6	7	30
Cu	mg/kg	11	8	9	9	4	12	16

Megjegyzés: 06. 01. törőzsás állapot, 06. 16. virágzás előtt, 07. 20. betakarításkor

13. táblázat A mák átlagos elemfelvétele, 1983

Elem jele	Mérték-egység	Gyökér 0,46 t	Szár 1,46 t	Tok 0,44 t	Mag 0,60 t	Összesen 2,50 t	Összesen* 2,96 t
K	kg/ha	10,2	36,0	13,8	6,1	55,8	66
N	kg/ha	5,2	17,6	8,7	23,4	49,7	55
Ca	kg/ha	4,6	18,5	13,1	7,4	39,0	44
P	kg/ha	1,1	2,2	1,8	5,3	9,3	14
Mg	kg/ha	1,0	2,8	1,9	2,1	6,8	8
Na	kg/ha	0,5	0,9	2,5	1,4	4,8	5
Fe	g/ha	960	422	22	46	490	1450
Mn	g/ha	35	67	22	51	140	175
Zn	g/ha	5	8	3	17	28	33
Cu	g/ha	4	6	5	9	20	24

Fajlagos, azaz 1 t mag + a hozzá tartozó tok és szár elemigénye 93 kg K (112 kg K₂O), 83 kg N, 65 kg Ca, 16 kg P (37 kg P₂O₅), 11 kg Mg, 8 kg Na, kereken 800 g Fe, 200 g Mn, 50 g Zn, 30-40 g Cu.* Gyökérrel együtt

Főbb eredményeink:

1. Az aszályos 1983. évben a 10 éve nem trágyázott kontroll talajon 200 kg/ha, míg az optimális $N_1P_1K_2$ ellátottsági szinteken 800 kg/ha magtermést kaptunk. A toktermés korompenész (*Cladosporium herbarum* Link) fertőzőittségét 42-ről 52 %-ra növelte a N-túltáplálás. A máktokbarkó (*Ceutorrhynchus macula alba* Hbst.) ill. máktoklégy (*Dasineura Papaveris* Winn.) kártétele az együttes NP-túltrágyázás nyomán 1 %-ról 5-6 %-ra emelkedett. Az indokolatlan NP-túltrágyázás tehát nem a hasznos termés képződését, hanem a betegségek és kártevők gyakoribb fellépését segítheti.
2. A N-túlsúly 45,3 %-ról 42,9 %-ra mérsékelte a magtermés olajtartalmát. Az olaj kereken és átlagosan 72 % linolsavat, 17 % olajsavat, 8 % palmitinsavat, 2 % sztearinsavat és 1 % linolinsavat tartalmazott. Az NP-táplálás túlsúlyával az olajsav és linolinsav mennyisége csökkent, míg a linolsav mennyisége nőtt, tehát változott a zsírsavak egymáshoz viszonyított mennyisége, aránya is.
3. A N-trágyázással nőtt, míg a P-trágyázással általában mérséklődött az alkaloidák koncentrációja a tokban. Érzékenyen reagált a narkotolin és a narkotin a P-táplálásra, mely alkaloidák mennyisége felére zuhant a P-túlsúlyos parcellákon. Kereken és átlagosan a thebain 0,2, narkotin 0,7, narkotolin 1,1, morfin 7,2, az összes alkaloida 9,3 mg/g mennyiséget mutatott a száraz tokban. Törőzsás korban a gyökér 0,1-0,2, a hajtás 5,2 (morfin 4,6, thebain 0,6) mg/g össz-alkaloidával rendelkező szárazanyagban.
4. A javuló NPK-ellátás nyomán (a kontrollhoz viszonyítva és ha-ra számítva) az olajhozam 109 kg-ról 334 kg-ra, összes alkaloida hozama 2,2 kg-ról 5,7 kg-ra, morfin 1,6 kg-ról 4,4 kg-ra, narkotin 232 g-ról 303 g-ra, thebain 33 g-ról 123 g-ra emelkedett. Az N vagy P trágyázás a beltartalom minőségi mutatóit (olaj vagy alkaloida) esetenként ugyan rontotta, de a terméstöbbleteken keresztül az olaj és alkaloida hozamokat javította.
5. A 177 mg/kg AL- P_2O_5 , ill. 232 mg/kg AL- K_2O ellátottság felett a hozamtöbbletek statisztikailag nem igazolhatók. A más hasonló talajon a 100 kg/ha/év N és 200 mg/kg AL- P_2O_5 ill. 250 mg/kg AL- K_2O tartalom esetén kielégítheti tápelemigényét. Növénydiagnosztikai optimumok alapján 2,5-3,0 % N, 0,50-0,60 % P, 5,0-6,0 % K jellemezheti a törőzsáskori hajtás, ill. 3,0-3,5 % N, 0,40-0,50 % P, 3,0-4,0 % K a virágzás kezdetén található kifejllett középtáji levél kielégítő ellátottságát. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a szaktanácsadás számára.
6. Az 1 t mag és a hozzá tartozó tok+szár elemigénye 83 kg N, 16 kg P (37 kg P_2O_5), 93 kg K (112 kg K_2O), 65 kg Ca, 11 kg Mg, 8 kg Na, ill. kereken 800 g Fe, 200 g Mn, 50 g Zn, 30-40 g Cu mutatókkal jellemezhető hasonló talajon. Magtermésben dúsult a N 47, P 57, Zn 61, Cu 45 %-a. Tok akkumulálta a Na 52 %-át, míg a szártermés a K 65, Ca 47, Mg 41, Fe 86,1 Mn 48 %-át.

III. Irodalomjegyzék

Kiadvány alapjául szolgáló saját közlemények a 4 évtized alatt

1. Béndek, Gy. - Kádár, I. (1988): Influence of soil nutrient levels on harvest yield and malting quality of brewing barley. J. Inst. Bres. 96: 375-378.
2. Buzás, I. - Kádár, I. (1983): Műtrágyázás hatása a cukorrépa minőségére. In: Agrokémiai kutatások újabb eredményei. 194-201. NEVIKI. KAE. Keszthely.
3. Elek, É. - Kádár, I. (1975): A foszforműtrágyázás hatása a makro- és mikroele-
4. Elek, É. - Kádár, I. (1975): Talajtermékenység kontrollja növény- és talajvizsgálatokkal. Magyar Mezőgazdaság. XXX. évf. 51:9.
5. Elek, É. - Kádár, I. (1978): Műtrágyázás hatása az őszi búza tápanyaggazdálkodására. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 169-176. NEVIKI. KAE. Keszthely.
6. Gál, E. - Kádár, I. - Vörös, I. (1988): Fertilizing of sunflower on calcareous chernozem soil. In: Proc. 12th Int. Sunflower Conf. 237-240. Novi Sad. Jugoslavia.
7. Gulyás, F. - Lásztity, B. - Szegi, J. - Kádár, I. (1984): Cellulose decomposition in chernozem soil as affected by intensive fertilization. In: Soil Biology and Conservation of the Biosphere. (Ed.: Szegi, J.) 95-106. Akadémiai Kiadó. Budapest.
8. Kádár I. (1978): Összefüggések a talaj termékenysége és tápelemellátottsága között. Kand. Dissz. MTA TAKI
9. Kádár I. (1986): A napraforgó tápanyaggazdálkodása. In: Jövedelmezőbb napraforgótermesztés. 97-108. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
10. Kádár I. (1989): Túltrágyázzuk-e a napraforgót? Agrokémia és Talajtan. 38:441-447.
11. Kádár I. (1990): A növénytáplálás hatása a termés fokozására és a betegségrezisztenciára. MTA TAKI. Budapest.
12. Kádár, I. - Buzás, I. - Kiss, E. (1987): A cukorrépa N-trágyázása. Magyar Mezőgazdaság. 42. 5 sz: 6.
13. Kádár, I. - Elek, É. (1979): A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélanalízissel. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Veszprém. 217-224. NEVIKI. KAE. Keszthely.
14. Kádár, I. - Elek, É. - Kazó, B. - Varga, Gy. (1976): Vlijanie vozrastajuscsih doz mineral'nyh udobrenij na pocsvu i rasztenija. In: Vth. Congr. Jug. Soc. Soil Sci. 409-416. Sarajevo.
15. Kádár, I. - Elek, É. (1977): Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem felvételére. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 71-81. NEVIKI. KAE. Keszthely.
16. Kádár, I. - Elek, É. (1980): A burgonya tápláltsági állapotának kontrollja levélanalízissel. Növénytermelés. 29:413-420.
17. Kádár, I. - Elek, É. (1999): A búza (*Triticum aestivum* L.) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. I. Növénytermelés. 48:311-322.

18. Kádár, I. – Földesi, D. – Vörös, J. – Szilágyi, J. – Lukács Dné (2001): A mák (*Papaver somniferum L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 50:467-478.
19. Kádár, I. - Földesi, D. (1986): A mák ásványi táplálásáról. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 56-61. NEVIKI. KAE. Keszthely.
20. Kádár, I. – Földesi, D. (2001): A mák (*Papaver somniferum L.*) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. I. Növénytermelés. 50:453-465.
21. Kádár, I. – Gulyás, F. – Gáspár, L. – Zilahy, P. (2000). A kukorica (*Zea mays L.*) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:371-388.
22. Kádár, I. - Kazó, B. - Bártfai, Tné - Zilahy, P. (1999): A búza (*Triticum aestivum L.*) ásványi táplálása meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 48:523-524.
23. Kádár, I. - Kiss, E. (1986): Hogyan műtrágyázzuk a cukorrépát? In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 197-202. NEVIKI. KAE. Keszthely.
24. Kádár, I. – Lásztity, B. (1997): A zab (*Avena Fatua L.*) szárazanyagfelhalmozása.
25. Kádár, I. - Lásztity, B. (1998): A zab (*Avena Fatua L.*) tápelemfelvétele a tenyészidőfolyamán. Növénytermelés. 46: 529-538.
26. Kádár, I. – Lukács, Dné – Vörös, J. – Szilágyi, J. (2001): A napraforgó (*Helianthus annuus L.*) műtrágyázása mészlepedékes vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:297-308.
27. Kádár, I. – Márton, L. – Horváth, S. (2000): A burgonya (*Solanum tuberosum L.*) műtrágyázása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:291-306.
28. Kádár, I. - Németh, T. - Kovács, G.J. (1987): A N-műtrágya érvényesülése és a NO₃ kilúgzása meszes csernozjom talajon. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 101-107. NEVIKI. KAE. Keszthely
29. Kádár, I. - Németh, T. - Kovács, G.J. (1987): Nitrogen efficiency and nitrate leaching on a calcareous chernozem soil. In: 5th Intern. Symp. CIEC. 2. Sec. 1. 130-137. Balatonfüred.
30. Kádár, I. - Németh, T. (1993): Nitrát bemosódásának vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 42:331-338.
31. Kádár, I. - Thamm, B. (1986): Some experiences on the fertilization of sunflower (*Helianthus annuus L.*). In: ISSS XIII. Congr. 3:796-797. Hamburg.
32. Kádár, I. – Vörös, J. – Lérántné, Sz. J. (1983): A talaj tápanyagellátottságának hatása a napraforgó termésére, ásványi tápelemtartalmára és betegségellenálló-
33. Kádár, I. - Zilahy, P. (1977): A műtrágyázás és a növényi betegség-ellenállóság néhány problémája. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 227-234. NEVIKI. KAE. Keszthely.
34. Kádár, I. (1980): Növényanalízis alkalmazása az agrokémiai szaktanácsadásban és kutatásban. Agrokémia és Talajtan. 29:323-344.
35. Kádár, I. (1983): Az egyoldalú műtrágyázás hatása néhány szántóföldi növény betegségellenállóságára. Agrokémia és Talajtan. 32:432-436.
36. Kádár, I. (1988): Növényvizsgálatok alkalmazása a trágyázási szaktanácsadásban, különös tekintettel a búza, kukorica, burgonya és cukorrépa kultúrákra. In: Kutatási eredmények a gyakorlatnak. Tápanyaggazdálkodás. 14-22. Szerk.: Debreczeni, B. - Miklay, Fné. Agroiinform. Budapest.

37. Kádár, I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
38. Kádár, I. (2000): A burgonya (*Solanum tuberosum* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:533-545.
39. Kádár, I. (2000): A cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:677-690.
40. Kádár, I. (2000): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 49:127-140.
41. Kádár, I. (2000): Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) műtrágyázása karbonátos vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:661-675.
42. Kádár, I. (2000): Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49:547-559.
43. Kádár, I. (2001): A cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) elemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:95-105.
44. Kádár, I. (2001): A cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) tápláltsági állapotának megítélése növényanalízissel. Növénytermelés. 50:107-121.
45. Kádár, I. (2001): A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) tápelemfelvétele mészeledékes vályog csernozjom talajon. Növénytermelés. 50:285-295.
46. Kádár, I. (1980): A kálium jelentősége földművelésünkben és a csernozjom talaj termékenységében. Agrokémia és Talajtan. 29:577-594. Keszthely.
47. Lásztity, B. - Kádár, I. - Gulyás, F. (1981): Műtrágyázás hatása néhány talaj cellulózbontó aktivitására. Agrokémia és Talajtan. 30:91-98. mek felvételére. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 89-93. NEVIKI. KAE.
48. Németh, T. - Kádár, I. (1987): A szulfát és az "összes só" felhalmozódása a talajprofilban tartós műtrágyázás hatására. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 95-100. NEVIKI. KAE. Keszthely.
49. Németh, T. - Kovács, G.J. - Kádár, I. (1988): A NO₃, SO₄ és a sóbemosódás vizsgálata műtrágyázási tartamkísérletben. Agrokémia Talajtan. 36-37: 109-126.
50. Pártay G. - Kádár I. (1986): A cukorrépa nitrogén-táplálása és a minőségét befolyásoló sejtszerkezete. A mezőgazdaság kemizálása. NEVIKI-KAE. 208-214. Keszthely.
51. Pártay, G. - Kádár, I. (1986): A cukorrépa nitrogén táplálása és a minőségét befolyásoló sejtszerkezete. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 208-214. NEVIKI. KAE. Keszthely. ságára. In: XXV. Georgikon Napok. A talajtermékenység fokozása. I. 329-337. sának és tápelemtartalmának változása a tenyésztő folyamán. Növénytermelés
52. Sulyok, L. - Pusztai, A. - Biczók, Gy. - Kádár, I. (1979): Csernozjom talaj termékenységének jellemzése a cellulózbontó aktivitással és kapcsolata a terméssel. In: A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Veszprém. 171-177. NEVIKI. KAE. Keszthely. Szerk.: Debreczeni, B. PATE. Keszthely.

Egyéb irodalmi hivatkozások jegyzéke az első évtizedben

1. Agronomy Handbook (1984): Illinois Agronomy Handbook. Univ. of Illinois. Urbana-Champaign. Circular 1233.
2. Altman, P.L. and Dittmer, D.S. (1972-1974): Biology data book. II. Fed. Am. Soc. Exp. Biol. Bethesda.
3. Amberger, A. (1979): Pflanzenernährung. Uni-Taschenbücher. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
4. Anonym (1977): Máktermesztési technológia. Alkaloida. Tiszavasvár.
5. Antal, J. (1987): Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
6. Bajai, J. (szerk.) (1979): Kukoricatermesztési kísérletek 1968-1974. Akadémiai Kiadó. Budapest.
7. Balogh, I. – Józsa, Á. (1986): Nyírségi savanyú Mg-hiányos homok- és erdőtalajok kémiai javításának jelentősége az üzemi napraforgó termesztében. In: Jövedelmezőbb napraforgótermesztés. 128-132. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
8. Becker-Dillingen, J. (1934): Handbuch der Ernährung der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen. Paul Parey Verlag. Berlin.
9. Bergmann, W. - Neubert, P. (1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
10. Bergmann, W. (1979): Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
11. Bergmann, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
12. Bergmann, W. (1992): Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer Verlag. Jena, Stuttgart, New York.
13. Bernáth, J. – Tétényi, P. (1981): Effect of environmental factors on growth development and alkaloid production of poppy (*Papaver somniferum* L.). II. Interaction of light and temperature. Biochem. Physiol. Pflanzen.
14. Biczók, Gy.- Németh, T.- Ruda, M. (1984): A burgonya tápelemfelhalmozás fenodinamikájának statisztikai és szimulációs vizsgálata. Working Paper. MTA SzTAKI. Budapest. 106 p.
15. Birkmann, K.H. (1974): Einfluss der Kaliumernährung auf die Blaufleckigkeit der Kartoffel. Der Kartoffelbau. (Hildesheim) 25:12, 362-363.
16. Bittera, M. (1923): Növénytermesztéstan. "Patria". Budapest.
17. Black, W.N. - White, R.P. (1973): Effect of N, P, K and manure factorially applied to potatoes in a long-term study. Can. J. Soil Sci. 53. 2:205-211.
18. Bocz, E. (1976): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
19. Boldürev, N.K. (1970): Analiz liszt'ev kak metod opredelenija potrebnoszi rasztenij v udobrenijah. Sz/h. Inszt.Kirova.Omszk.
20. Bruchholz, H. (1974): Soil and crop response to long-term potash fertilization. Proc. 10th. Congr. IPI. 111-116. IPI. Bern. Switzerland.
21. Buchner, A. - Sturm, H. (1985): Gezielter Düngen. DLG-Verlag. Frankfurt/Main.
22. Buzás, I. (1978): A tápanyagellátás hatása a cukorrépa minőségére. Témadokumentáció. Agroinform. Budapest.

23. Cerling, V.V. (1978): Agrohímicseszkie osznovü diagnosztiki mineral'nogo pitanija Sz/h. kultur. Izdat.Nauka.Moszkva.
24. Cooke, G.W. (1981): Value of "Blueprints" in research and advisory work. In: Proc. 16th Colloquium of IPI. 199-207. Bern. Switzerland.
25. Cooke, S.W. (1965.): Trágyázás és jövedelmező gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
26. Csathó, P. (1991): Evaluation of the model for AL-P correction on the data base of winter wheat field P-trials in Hungary between 1960-1990. XXIII. Georgikon Days. 2:47-52. Keszthely.
27. Csathó, P. (1997): Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és a lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990. Agrokémia és Talajtan. 46:327-346.
28. Csathó, P. (1997): The effect of soil organic matter content on crop responses to N given in mineral or organic form. Agrokémia és Talajtan. 46:63-76.
29. Cserhádi, S. - Kosutány, T. (1887): A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egyesület, Budapest.
30. Cserhádi, S. (1901): Általános és különleges növénytermelés. II. Magyar-Óvár. Czéh Sándor-féle Könyvnyomda.
31. Debreczeni, Bné. (1999): Kálium nélkülözhetetlen a bő termésű és jó minőségű cukorrépa termesztéséhez. International Potash Institute. Basel/Switzerland.
32. Dvoracek, M. (1986): A napraforgó műtrágyázása és a jövedelmezőség az OTK kísérletek tükrében. In: Jövedelmezőbb napraforgótermesztés. 109-127. MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
33. Effmert, B. (1974) Wie verhindern wir das Auftreten von Blaufleckigkeit? Feldwirtschaft. (Berlin). 15:8, 355-359.
34. Egnér, H. - Riehm, H. - Domingo, W. R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsk. Ann. 26:199-215.
35. Elek, É. - Kádár, I. (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. MÉM NAK. Budapest.
36. Emara, T.K. - El Geddawy, I.H. - Youssif, O.A. (2000): Yield and quality of sugar beet as affected by timing of last irrigation in North Nile Delta. Alex. Sci. Exch. 21:119-128.
37. Evans, S.A. (1977): The place of fertilizers in "Blueprints" for the production of potatoes and cereals. In: Proc. 13th. IPI. 231-241. Bern. Switzerland.
38. Finck, A. (1982): Fertilizers and Fertilization. Verlag Chemie. Deerfield Beach. Florida. Basel.
39. Földesi, D. (1994): A mák termesztése. Agrofórum. 2:30-32.
40. Geisler, G. (1988): Pflanzenbau. 2. Auflage. Paul Parey Verlag. Berlin und Hamburg.
41. Gericke, S. (1948): Wirkung verschiedener Wachstumsfaktoren auf Ertrag und Ölgehalt von Mohn. Z. Pflernähr., Düng., Bodenk. 40:19-35.
42. Grábner, E. (1948): Szántóföldi növénytermesztés. Harmadik, átdolgozott és bővített kiadás. "Pátria" Irodalmi Vállalat és Nyomdaipari Rt. Budapest.
43. Györffy, B. (1979): Fajta, növényszám és műtrágyahatás a kukoricatermesztésben. Agrártud. Közl. 38: 309-331.

44. Gyórfy, B. (1975): Vetésforgó - vetésváltás - monokultúra. Agrártud. Közl. 34:61-68.
45. Gyórfy, B. (1976): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. Agrártud. Közl. 35:239-266.
46. Gyórfy, B. (1988): Az 1983. évi aszály és tanulságai. Magyar Tudomány. 4:249-254.
47. Hanley, F. (1937): Manuring barley. J. Minist. Agric. 43:1092-1097.
48. Harmati, I. (1989): Adatok a napraforgó műtrágyázásához. Agrokémia és Talajtan. 39:207-212.
49. Holló, S. (1993): A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása vetésforgó trágyázási kísérletekben. Kézirat. Kandidátusi Értekezés. Kompolt.
50. Hornok L. (1978): Gyógynövények termesztése és feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
51. I'so, I. (szerk.) (1966): Kukoricatermesztési Kísérletek 1960-1964. Akadémiai Kiadó. Budapest.
52. Izsáki, Z. (1984): Nitrogéntrágyázás hatása a cukorrépára. I. Szárazanyagfelhalmozás és NPK-felvétel. Agrokémia és Talajtan. 43:86-104.
53. Izsáki, Z. (1988): A N-műtrágyázás hatása a cukorrépára. II. Ca, Mg és Na felvétele. Agrokémia és Talajtan. 47:309-222.
54. Izsáki, Z. (1988): Összefüggés a cukorrépa tápláltsági állapota, a termés mennyisége és minősége között. Kandidátusi értekezés. MTA TMB. Budapest. Kézirat.
55. Izsáki, Z. (1991): A cukorrépa tápanyagellátása. 12-31. In: A cukorrépa-termesztés agrotechnikai irányelvei. Szerk.: Posch K. Répatermesztési Kutató Intézet. Sopronhorpács.
56. Izsáki, Z. (1999): A nitrogén és foszfor ellátottság hatása néhány szántóföldi kultúra fehérjetartalmára és aminosav összetételére. In: Növénytermesztés és környezetvédelem. „Magyarország az ezredfordulón.” Szerk.: Ruzsányi L. - Pépó P. 92-96. MTA. Budapest.
57. Jakuskin, I.V. (1950): Növénytermelés. I. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
58. Kádár, I. (1979): Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. Agrokémia és Talajtan. 26:491-497.
59. Kádár, I. (szerk.) (1996): Liebig, J. v. (1840-1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. MTA TAKI. Budapest.
60. Kádár, I. (szerk.) (2007): Thaer, A. (1809-1820): Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. IV. rész. I. Fejezet. A trágyázástan. MTA TAKI. Budapest.
61. Kadlicskó, B. - Krisztián, J. (1977): NPK műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. Növénytermelés. 26:315-322.
62. Kerpely, K. (1911): Adatok a tengeri műtrágyázáshoz homoktalajon. Köztelek. 22: 803-804.
63. Koltay, Á. - Balla L. (1982): Búza-termesztés és nemesítés. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
64. Korizmics, L. - Benkő, D. - Morocz, I. (1836): Mezei gazdaság könyve. III. kötet. Stephens Henry "The book of the farm" c. munkája nyomán. Herz János Nyomda. Pest.

65. Kulcsár, L. (1999): A cukorrépa N-felvételének és N-agyagcseréjének kapcsolata a technológiai minőséggel. *Agrokémia és Talajtan*. 48:543-560,
66. Kulcsár, L. (2000): A cukorrépa Na-felvételének vizsgálata különböző termőhelyeken. *Agrokémia és Talajtan*. 49:221-230.
67. Kunkel, R. - Holstad, N. - Butala, H. (1973): Fertilization and the blackspot problem in Washington's Columbia Basin. *Am. Pot. J.* 50:339-348.
68. Láng, G. (1954): *Növénytermesztéstan*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
69. Láng, G. (1976): *Szántóföldi növénytermesztés*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
70. Lásztity, B. (1979): Kálium-műtrágyázás hatása az őszi árpa tápanyag-gazdálkodására. *Mezőgazdaság Kemizálása*. NEVIKI-KAE.210-216. Keszthely. Anként.
71. Lásztity, B. (1982): Szezonális változások az őszi árpa tápelemtartalmában. *Növénytermelés*. 31:155-164.
72. Lásztity, B. (1983): Műtrágyázás hatása a napraforgó fejlődésére és tápanyagforgalmára a tenyészidő folyamán. II. Tápanyagfelvétel. *Növénytermelés*. 32:259-268.
73. Lásztity, B. (1974): Adatok a kukorica műtrágyázásához erősen meszes homoktalajon. *Növénytermelés*. 23:351-355.
74. Lásztity, R. (1966): *The chemistry of cereal proteins*. 2nd Edition. CRC Press. Boca Raton. Florida. USA.
75. Loch J. et al. (1993): Kálium - terméshibiztonság és jó minőség. *International Potash Institute*. Basel/Switzerland.
76. Lukács, Dné. (1988): A napraforgó olajtartalmának alakulása az ország különböző tájegységein. In: *Magyar Mezőgazdaság Melléklete*. Minőség, hatékonyság, jövedelmezőség. 7-10.
77. Lüdecke, H. – Müller, A. (1965): *Zuckerrübe. Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung*. Dritter Band. 382-410. Wien – New York.
78. Mándy, Gy. - Csák, Z. (1965): *A burgonya*. Akadémiai Kiadó. Budapest.
79. Martin-Prével, P. - Gagnard, J. - Gautier, P. (Eds.). (1987): *Plant analysis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops*. Lavoisier Publ. Inc. New York.
80. MÉM NAK (1978): *Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer*. MÉM NAK. Budapest.
81. Mengel, K. (1976): *A növények táplálkozása és anyagcseréje*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
82. Mitrofanov, A. Sz. - Mitrofanova, K. Sz. (1970): *A zab*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
83. Mórász, S. (1979): *A mák termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
84. Nagy, J. - Huzsvai, L. (1995): Az évjárat-hatás értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. *Növénytermelés*. 44:383-391.
85. Nagy, J. (1995): A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44:493-506.
86. Nagy, J. (1995): A talajművelés, a műtrágyázás, a növényszám és az öntözés hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays L.*) termésére. *Növénytermelés*. 44:251-260.

87. Németh, T. (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest.
88. Németh, T. - Fridrich, Z. (1979): Alapadatok a burgonya tápanyagfelvételi görbéjének kiméréséhez. In: A mezőgazdaság kemizálása. NEVIKI-KAE.114-121. Keszthely.
89. Neubert, P. et al. (1970): Tabellen zur Pflanzenanalyse. Institut für Pflanzenernährung. Jena.
90. Olsen, S.R. - Cole, C.V. - Watanabe, F.S. - Dean, L.A. (1954): Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ. N. 939.
91. Pataki, I. – Lukács, P. – Jerásek, M. (1982): A napraforgó átlagtermését befolyásoló terméselemek vizsgálata. Olaj, szappan, kozmetika. 31:97-101.
92. Pekáry, K. – Holló, S. (1979): A feltöltő PK-trágyázás hatása a talajra és a termésre csernozjom barna erdőtalajon. Növénytermelés. 28:163-174.
93. Perrenoud, S. (1993): Potato.Fertilizing for high yield.IPI Bulletin.N.8. Basel. Switzerland.
94. Pirie, N. W. (1975): Food protein sources. IPB. Cambridge Univ. Press. London.
95. Pollhamer, Ené. (1973): A búza minősége különböző agrotechnikai kísérletekben. Akadémiai Kiadó. Budapest.
96. Primost, E. (1965): Hafer (*Avena Sativa* L.). In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Springer Verlag. Wien.
97. Prjanisnyikov, D.N. (1965): Cszatnoe Zemledelie. Izbrannüe szocsinenija. II. Izdatel'sztvo "Kolosz" Moszkva.
98. Radics, L. (szerk.) (1994): Szántóföldi növénytermelés. KÉE Kertészeti Kar. Budapest.
99. Ragab, R. - Beese, F. - Ehlers, W. (1991): Soil water balance and dry matter production model. II. Dry matter production of oat. Agron. J. 82:157-161.
100. Ragasits, I. (1988): A nitrogén műtrágya adagjának és megoszlásának hatása az őszi búza termésére és minőségére. In: Tápanyaggazdálkodás. Szerk.: Debreczeni B. - Miklay Fné. 112-118. Agrofórum. Budapest.
101. Rovara, F. (1890): Répatermelés. Pesti Könyvnyomda Rt. Budapest.
102. Ruzsányi, L. (1974): A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. Növénytermelés. 23:249-258.
103. Ruzsányi, L. (1981): A műtrágyázás és az öntözés hatása a cukorrépa termésére és a gyökér beltartalmi értékére. Növénytermelés. 30:363-369.
104. Sarkadi, J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
105. Sarkadi, J. (szerk.) (1967): Trágyázási Kísérletek 1955-1964. Akadémiai Kiadó. Budapest.
106. Scharrer, K. - Mengel, K. (1960): Aufnahme und Verteilung der Kationen Ca, Mg, K und N in der Pflanze bei variierter K- und Mg-Düngung sowie bei extra-radikaler K-Versorgung Plant and Soil. 12:377-396.
107. Schmidt, D.R. (1961): Dry matter and nitrogen content of oat harvested at various stages. Agron. J. 53:8-10.

108. Selke, W. (1938): Neue Möglichkeiten einer verstärkten N-Düngung zu Getreide. *Bodenkunde und Pflanzenernähr.* 9:506-535.
109. Sigmond, E. - Floderer, S. (1905): Tanulmány a tengeri fejlődéséről és táplálkozásáról. *Kísérletügyi közlemények.* 8:786-842.
110. Smith, D. (1960): Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity. *Agron. J.* 52:637-639.
111. Szabó, I. (1986): Költségtakarékos üzemi műtrágyázási tapasztalatok vetésforgóban, a váli Vajda János Termelőszövetkezetben. In: *Jövedelmezőbb napraforgótermesztés.* 133-150, MÉM Mérnök- és Vezetőtovábbképző Intézet. Budapest.
112. Szabó, L. (1994): Gabonatermesztés. GATE Mezőgazd. Főiskolai Kara. Gyöngyös.
113. Szabó, L. et al. (1982): A zab. Magyarország kultúrflórája. IX. Akadémiai Kiadó. Budapest.
114. Szalay, Gy. – Bagi, A. – Murányi, I. (1986): Az őszi árpa termesztés fontosabb kérdései. *Időszerű Termelési Tanácsadó.* 27. sz. GATE Kompolt.
115. Szász, G. (2000): A nyári szárazság mértékének meghatározása. Kézirat. 20 p. Agrometeorológiai Obszervatórium. DATE. Agrárcentrum.
116. Szemző, B. (1966): A cukorrépa. In: *A növénytermesztés kézikönyve.* I. 520-561. Szerk.: Láng G. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
117. Szpravocsnik (1960): *Szpravocsnik po mineral'num udobrenijam.* Goszud. Izd. sz/h literaturü. Moszkva.
118. Tarján, R. és Lindner, K. (1974): Tápanyag táblázat. Medicina Kiadó. Budapest.
119. Tisdale, S.L. - Nelson, W.L. (1966): A talaj termékenysége és a trágyázás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
120. Turkhede, B.B. - Rajat, De, - Ramanathan, V.S. - Sewa, R. (1981): Effects of N and P rates and plant densities on the opium, morphine and seed yield of opium poppy. *Indian J. Agric. Sci.* 51:659-662.
121. Ün, J. (szerk.) (1960): A mák és termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
122. Vajdai, I. (szerk.) (1984): A cukorrépa termesztése. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
123. Voisin, A. (1964): A talaj és a növényzet, az állat és az ember sorsa. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
124. Wolff, E. (1872): *Praktische Düngerlehre.* Vierte Auflage. Wiegandt u. Hempel. Berlin.
125. Yadav, R.L. - Mohan, R. - Singh, R. - Gupta, M.M. (1983): Effect of sowing date, population density and row spacing on growth and yield of opium poppy in NC subtropical. *India J. Agric. Sci. Camb.* 101:163-167.

IV. Közlemények angol nyelvű összefoglalói, táblázatai

I. KÁDÁR – É. ELEK (1999): Mineral nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.) on calcareous chernozem soil. I.

Summary

The effect of different N, P and K levels and their combinations on the aboveground yield, mineral composition and powdery mildew resistance of wheat and on the amino acid content of the grain yield was studied in a fertilisation experiment set up in autumn 1973 on a calcareous loamy chernozem soil. After harvesting the following data were recorded: the available nutrient content of the soil, the ion concentration in a 1:5 aqueous extract, and changes in the “total salt” reserves in the ploughed layer and in soil profiles taken from the treatments studied. The agrochemical parameters of the ploughed layer were as follows: CaCO₃ 5%, humus 3%, pH_(KCl) 7.3, AL-P₂O₅ 60-80 ppm, AL-K₂O 140-160 ppm, KCl-soluble Mg 150-180 ppm, KCl+EDTA Mn 80-150 ppm, Cu 2-3 ppm, Zn 1-2 ppm. The experiment consisted of 4Nx4Px4K=64 treatments each in two replications, making a total of 128 plots. The fertilisers were applied in the form of 25% calcium ammonium nitrate, 18% superphosphate and 50% potassium chloride. The results achieved for grain yield, plant composition and specific nutrient requirements can be summarised as follows:

1. After 4 years of alfalfa a substantial increase in wheat grain yield was achieved through P fertilisation, due to the poor P supplies of the soil. The moderate yield-increasing effect of K fertilisation (0.5-0.6 t/ha) was attributed to the improved powdery mildew resistance of the wheat.
2. The mineral composition of the wheat reflected the soil supply levels. The greatest differences were observed in young shoots and in the straw yield, which exhibited luxury uptake. N fertilisation only increased the plant N% on soils satisfactorily supplied with P; there was a pronounced NxP interaction. A NxK interaction was observed in the uptake of K. There was significant K/Mg, P/Zn and, to a lesser extent, P/Fe antagonism, and P/Mn synergism.
3. The specific nutrient requirements of 1 t grain plus the by-products at harvesting were 25-30 kg N, 16 kg K₂O and 12 kg P₂O₅. Ca, Fe and Mn accumulated chiefly in the straw and Mg, Zn and Cu in the grain. The specific requirements were 4-5 kg Ca, 3 kg Mg, 220 g Fe, 120 g Mn, 31 g Zn and 14 g Cu. These data could serve as the basis for extension service recommendations.

Table 1. Effect of N, P and K supplies on the grain yield of wheat, t/ha (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsök, means of 32 replications). (1) Nutrient, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) in 1974, (5) N effect, (6) P effect, (7) K effect, (8) in 1975, Note: The national average was 3.8 t/ha in 1974 and 3.2 t/ha in 1975.

Table 2. Effect of NxP and KxP supplies on the air-dry mass of wheat, t/ha (Calcareous loamy chernozem, Nagyhorcsök, means of 8 replications). (1) N, K levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Shoots at the end of tillering, April 12, 1974, (5) Shoots at the end of tillering, April 14, 1975, (6) Shoots at flowering, June 27, 1975,

(7) Grain yield at harvesting, July 18, 1975, (8) The $LSD_{5\%}$ values for the rows and columns are the same.

Table 3. *Effect of N, P and K supplies on the composition of air-dry wheat in 1974 (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, means of 32 replications).* (1) Sampling, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) N% for the N levels (averaged over PK), (5) Tillering, (6) Flowering, (7) Grain, (8) Straw, (9) Husks, (10) P% for the P levels (averaged over NK), (11) K% for the K levels (averaged over NP), (12) Aboveground shoots.

Table 4. *Effect of NxP supplies on the N uptake of wheat, kg/ha (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, means of 1974 and 1975 values).* (1) N levels, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Shoots at the end of tillering, (5) Shoots at flowering, (6) Grain yield, (7) Straw yield, (8) The $LSD_{5\%}$ values for the rows and columns are the same.

Table 5. *Effect of P supplies on the P uptake of wheat, kg/ha (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, means of 1974 and 1975 values).* (1) Sampling, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Tillering, (5) Flowering, (6) Grain, (7) Straw, (8) $P_2O_5 \times 0.4265 = P \times 2.29 = P_2O_5$. There was an average of 0.7-1.5 kg/ha P_2O_5 in the husks.

Table 6. *Effect of NxK supplies on the K uptake of wheat, K_2O kg/ha (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, means of 1974 and 1975 values).* (1) N levels, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Shoots at the end of tillering, (5) Shoots at flowering, (6) Straw yield, (7) Note: $K_2O \times 0.83 = K \times 1.2 = K_2O$. There was an average of 20-25 kg/ha in the grain and 5 kg/ha in the husks.

Table 7. *Changes in the Fe, Mn and Zn contents of wheat as a function of P supplies (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1975 (mg/kg air-dry matter)).* (1) Nutrient, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Shoots at tillering, (5) Shoots at flowering, (6) Grain yield at harvesting, (7) Straw yield at harvesting.

Table 8. *Changes in the Mg% of wheat as a function of K supplies (Calcareous loamy chernozem Nagyhörcsök, 1975, air-dry matter).* (1) Sampling, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Tillering, (5) Flowering, (6) Grain, (7) Straw, (8) There was an average of around 7 mg/kg Cu and 4 mg/kg B in the plant parts.

Table 9. *Mean nutrient uptake of wheat for a grain yield of around 5 t/ha + relevant by-products (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1975).* (1) Nutrients, (2) Tillering, (3) Flowering, (4) Grain, (5) Straw, (6) Husks, (7) Total, (8) Grain + straw + husks at harvesting (78 kg K_2O , 57 kg P_2O_5).

I. KÁDÁR – B. KAZÓ – MRS. T. BÁRTFAI – P. ZILAHY (1999): Mineral nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.) on calcareous chernozem soil. II.

Summary

4. The degree of infection of wheat with powdery mildew rose from 24% to 56% when N was over-supplied. As the P and K supplies improved, the degree of infection dropped by 10 and 14%, respectively. Balanced nutrition led to an improvement in powdery mildew resistance and better yield.
5. Measurements show that at the tillering stage toxic chloride limit tolerated by wheat is indicated by a Cl- content of around 0.2% in the shoots.
6. As the result of NxP interactions the 4 t/ha grain yield obtained in the control rose by 35-40% and the protein yield per hectare by 60-65%.

7. Little change was observed in the amino acids, which are largely genetically determined. Maximum yield and quality (protein and amino acid content or yield) were achieved as a function of balanced NxP supplies. The AL-soluble P_2O_5 content of the soil, however, should not be increased to more than 150-200 mg/kg to improve either the quantity or quality of the yield.
8. After the wet first year the NO_3-N in the N_3 treatment was leached to a depth of 60 cm. According to analyses of the 1:5 aqueous extract, the leaching of the Cl^- ions introduced with the potassium fertiliser could be observed even at a depth of 1 m, with concentrations an order of magnitude greater than normal in the 40-80 cm layer. The K^+ and Na^+ , and the SO_4^{2-} and Ca^{2+} from the P treatments remained in the upper 0-40 cm soil layer. The "total salt" gave a good indication of the movement of electrolytes in the soil profile.

Table 10. *Effect of N, P and K supplies on the development and powdery infection of wheat (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1975).* (1) K level, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) At tillering or April 14, (5) At heading on May 19, (6) % plants infected with powdery mildew on July 8, prior to harvesting, (7) Scoring: 1=Very poor, 2=Poor, 3=Moderately good, 4=Good, 5= Very good stand.

Table 11. *Effect of K fertilisation on the yield of wheat and the Cl-content of the shoots at tillering (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1974, mean of 32 replications).* (1) Plant organ, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean (4) Air dry material t/ha, (5) At tillering (6) At flowering, (7) Grain yield, (8) Straw yield, (9) Aboveground shoots.

Table 12. *Effect of N supplies on the N and protein contents of wheat grain (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1975).* (1) Parameters, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Total N, % (5) Protein N, %, (6) Protein N as a % of total N, (7) Crude protein, %, (8) Protein, %, (9) Protein as a % of crude protein, (10) Note: total $N \times 6.25 =$ crude protein; protein $N \times 6.25 =$ real protein %

Table 13. *Effect of NxP supplies on the grain yield and yield of real protein (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1975).* (1) P levels, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Grain yield, t/ha (5) Protein yield, kg/ha.

Table 14. *Effect of P supplies on the amino acid content (g/100 g protein) of wheat grain (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1975).* (1) Amino acid, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean (4) Essential amino acids, (5) Threonine, (6) Valine, (7) Leucine, (8) Histidine, (9) total, (10) Isoleucine, (11) Lysine, (12) Arginine, (13) Methionine, (14) Phenylalanine, (15) Grand total, (16) Non-essential amino acids, (17) Asparagin acid, (18) Serine, (19) Glutamic acid, (21) Tyrosine, (22) Glycerine, (23) Proline, (24) Total amino acids.

Table 15. *Changes in the readily available P and K contents in the ploughed layer of the soil before mineral fertilisation and after the first year (means of 32 replications; calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök).* (1) Sampling date, (2) Mineral fertilisation (supply) levels, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) Autumn.

Table 16. *Soil analytical parameters in the profiles of certain treatments after harvesting in 1974 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök).* (1) Sampling depth, cm, (2) Humus %, (3) mg/kg soil, (4) Control, (5) Means of 4 drillings per plot, (6) Note: The value of KCl+EDTA-soluble Mn dropped from 150 to 15, that of Cu from 3.0 to 1.0 and that of Zn from 1.8 to 0.9 mg/kg in the 60-80 cm layer.

Table 17. Analysis of the 1:5 aqueous extract in the profiles of certain treatments after harvesting in 1974 (calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök). (1) Sampling depth, cm, (2) Ion concentration, mg/kg soil, (3) "Total salt", %, (4) Control.

I. KÁDÁR – F. GULYÁS – L. GÁSPÁR* - P. ZILAHY (2000): Mineral nutrition of maize (*Zea mays* L.) on chernozem soil I.

Summary

The main conclusions were as follows in the year 1976:

1. On average approximately half the fertiliser P and one-fifth of the fertiliser K introduced into the soil could be detected in ammonium lactate-soluble form. Some 20-25% of the superphosphate P could be demonstrated in the NaHCO₃-soluble P fraction obtained from the ploughed layer in the third year of the experiment.
2. The yield was regulated by the PxK supplies; N effects were not observed as it was a very dry year. As the result of excessive P there was a significant reduction in the plant density, 1000-kernel mass and kernel yield at harvest. One-sided fertilisation with P led to a kernel yield of 3.4 t/ha, while balanced P and K supplies resulted in 6.2 t/ha.
3. Excess N led not to an increase in yield, but to a rise in the incidence of common smut (*Ustilago maydis*). This was partially counterbalanced by an improvement in the P supplies. Fusarium stalk rot infected the whole crop after excessive P application; this could be moderated in part by improving the K supplies.
4. The mineral composition of maize shoots in the 6-leaf stage gave a good reflection of the nutrient supplies in the soil. As suggested in the literature, plant analysis at this stage of development could be useful for diagnostic purposes and as the basis of fertilisation recommendation. As the P supplies increased, the P/Zn ratio rose to above 200, indicating the onset of Zn deficiency.
5. The greatest modifications in the mineral composition of the grain and stalk at harvest were also caused by P fertilisation. The P/Zn ratio of the grain increased 2.5 times and rose to above 200, while the stalk P/Zn ratio exhibited a 15-times increase, from 22 on the control soil to 330. On this plot a violent storm prior to harvest caused the whole stand to lodge.
6. The amino acid composition of the grain yield remained relatively constant, since the N effects were negligible. A moderate increase in the P supplies caused a slight increase in the quantity of essential amino acids.
7. The cellulose-decomposing activity was significantly reduced in the 1st and 2nd years by the application of a large quantity of KCl to the wheat forcrop; this reduction was moderated or eliminated by an improvement in the P supplies. Positive NxP interactions were dominant in the third year, under maize. The 3-month exposure time under wheat led to 52-55% decomposition, while the 4-month exposure under maize resulted in only 26% decomposition, since the soil dried out and the two wheat years produced unfavourable, poor quality organic matter with a wide C/N ratio.

8. PxK interactions were generally dominant in the nutrient uptake. The uptake of P, Zn and Mn was determined chiefly by the P supplies. At harvest the quantity of P and Mn incorporated into the aboveground yield was 71% greater than in the control, while the Zn uptake dropped to 45% on plots over-fertilised with P. The element requirements of maize for 1 t grain + the corresponding stalks were as follows: 22 kg N, 12 kg K₂O, 11 kg P₂O₅, 4 kg Ca, 2 kg Mg, 390 g Fe, 76 g Mn, 36 g Zn and 11 g Cu.
9. On this soil increasing the ammonium lactate-soluble P₂O₅ content to more than 120-180 mg/kg or the K₂O content to above 200-250 mg/kg will not improve either the yield, the mineral and amino acid compositions, or the cellulose-decomposing activity of the soil.

Table 1. *Changes in the readily available P and K contents of the soil, mg/kg (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök).* (1) Sampling date, (2) Fertilisation (supply) levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) AL-P₂O₅ content (as the result of P), (6) Autumn 1974, (7) Autumn 1976, (8) NaHCO₃-P₂O₅ content (as the result of P), (9) AL-K₂O content (as the result of K), (10) Note: A concentration of 1 mg/kg correspond theoretically to 3 kg/ha, taking a 20 cm ploughed layer with a mass of 3 million kg as the basis.

Table 2. *Effect of PxK fertilisation on maize in 1976 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, means of 8 replications).* (1) P levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) 6-leaf shoot on June 9th g/20 air-dry plants, (5) Plant density at harvest on November 8th, 1000 plants/ha, (6) 1000-kernel mass, g, (7) Grain yield, t/ha, (8) Note: LSD_{5%} values were the same for the rows and columns.

Table 3. *Effect of mineral fertilisation on maize at harvest on November 8th 1976 (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, as a % of all the plants).* (1) N, K levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Incidence of common smut, %, (5) Incidence of stalk rot, %, (6) H₂O% of the stalk yield, (7) Air-dry stalk yield, t/ha, (8) Note: LSD_{5%} values were the same for the rows and columns.

Table 4. *Effect of P and K fertilisation on the composition of 6-leaf maize shoots (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, in air-dry matter, June 9th 1976).* (1) Elements, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) As the result of P (averaged over NK treatments), (5) P/Zn ratio, (6) As the result of K (averaged over NP treatments), (7) Optimum composition according to Bergmann and Neubert (1976): N 3.5-5.0 %, K 3.0-4.0 %, Ca 0.3-0.7 %, Mg 0.2-0.6%, P 0.3-0.5 %, Fe 50-250 ppm, Mn 30-300 ppm, Zn 20-60 ppm, B and Cu 5-25 ppm, P/Zn ratio 50-150.

Table 5. *Effect of PxK supplies on the element ratios of 6-leaf shoots (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, June 9th 1976).* (1) P levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) K/P ratio (averaged over N), (5) Note: LSD_{5%} values were the same for the rows and columns.

Table 6. *Effect of fertilisation on the composition of maize at harvest (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, November 8th 1976).* (1) Elements, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Grain, as the result of P (averaged over NK treatments), (5) P/Zn ratio, (6) Stalk, as the result of N (averaged over PK treatments), (7) Stalk, as the result of P (averaged over NK treatments), (8) Stalk, as the result of K (averaged over NP treatments), (9) Note: Stalks had mean values of 500 ppm for

Fe and 10 ppm for Cu, which were unaffected by the treatments. The mean Cu content of the kernels was 4 ppm.

Table 7. *Effect of P fertilisation on the amino acid content of the maize grain (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1976, g/100 g protein).* (1) Amino acid, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Essential amino acids, (5) Arginine, (6) Phenylalanine, (7) Histidine, (8) Isoleucine, (9) Leucine, (10) Lysine, (11) Methionine, (12) Threonine, (13) Valine, (14) Total, (15) Non-essential amino acids, (16) Alanine, (17) Asparagin acid, (18) Cystine, (19) Glycine, (20) Glutamic acid, (21) Proline, (22) Serine, (23) Tyrosine, (24) Total amino acids, (25) Crude protein %, (26) Note: total N x 6.25=crude protein%.

Table 8. *Effect of mineral fertilisation on the cellulose-decomposing activity of the soil (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, % decomposition).* (1) N, K levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Under winter wheat, April – June 1975, (5) Under winter wheat, April – June 1975, (6) Under maize, July – November 1976.

Table 9. *Effect of PxK fertilisation on the nutrient uptake of 6-leaf maize shoots (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1976, kg/ha).* (1) P levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) N uptake, (5) P uptake, (6) K uptake, (7) Note: Px2.29=P₂O₅, Kx1.2=K₂O, (8) Average uptake of the other elements was as follows: Ca 500-900, Mg 300-600, Na 30-60, Fe 5-15, Mn 1-3, Zn 0.7-1.4, Cu 0.4-0.8 g/ha.

Table 10. *Effect of K fertilisation on the nutrient uptake at harvest (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök).* (1) Element symbol, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) In the grain yield, (5) In the stalk yield, (6) Note: Averaged over P and K treatments, i.e. 32 replications.

Table 11. *Effect of P supplies on the P, Zn and Mn uptake of maize at harvest (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1976).* (1) Plant organ, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) P uptake, kg/ha, (5) Grain, (6) Stalk, (7) Together, (8) Zn uptake, g/ha, (9) Mn uptake, g/ha, (10) Note: Averaged over K and N treatments, i.e. 32 replications.

Table 12. *Nutrient uptake of maize for a grain yield of around 5 t/ha + the corresponding stalk yield (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1976).* (1) Elements, (2) 6-leaf shoot, (3) Grain, (4) Stalk, (5) Grain + stalk, (6) Specific, (7) Grain + stalk at harvest: 62 kg K₂O and 57 kg P₂O₅, (8) *Element requirements of 1 t grain + stalk yield (12 kg K₂O and 11 kg P₂O₅).

I. KÁDÁR (2000): Effect of mineral fertilisation on the element uptake of maize (Zea mays L.) on chernozem soil. II.

Summary

1. As a result of the fairly wet winter preceding the vegetation period and the lack of hot dry winds in summer, the grain yield in 1977 was double that achieved in 1976, reaching 8.2 t/ha on the unfertilised plots. Nevertheless the total rainfall figures for the whole year and for the vegetation period hardly exhibited any difference in 1976 and 1977. In 1977 the PxK supplies determined the yield of young 6-leaf shoots and the NxK supply the grain yield. The N₁P₁ levels and their combinations proved to be optimum. Over-fertilisation with P induced Zn deficiency, leading to a decline in the grain yield of 1.4 t/ha in 1976 and 1.0 t/ha in 1977.

2. The composition of leaf samples taken in the 6-leaf stage and at the beginning of flowering/tasselling gave a satisfactory indication of the nutritional status of the plant. The optimum values recommended in the literature are suitable for use in the extension service, they provide diagnostic information. A P/Zn ratio in excess of 200 in any plant organ is indicative of Zn deficiency.
3. On this soil the Fe, Mn and Cu contents of maize can be modified to a greater extent through NxP interactions than by direct Fe, Mn or Cu soil fertilisation. The stalk responded to the soil supplies with excessive uptake, accumulating 8 times as much P, 7 times as much Cu and 3 times as much Mn at the same stalk mass. The Zn reserves dropped to a third on plots well supplied with P.
4. A yield of 8.8 t/ha grain + 5.8 t/ha air-dry stalks contained a total of 171 kg N, 82 kg K (98 kg K₂O), 47 kg P (108 kg P₂O₅), 40 kg Mg, 31 kg Ca, 1-2 kg Fe, 0.5 kg Mn, 0.24 kg Zn and 0.1 kg Cu on this soil. In 1976, due to the severe drought, the same hybrid produced only 4.9 t/ha grain yield and the specific macro element quantity taken up by 1 t grain + the corresponding stalk yield was 10-20% greater than that recorded in 1977. The mean Zn, Mn and Fe contents were 32%, 42% and 223% higher, respectively, in the dry year.

Table 13. *Effect of P and K fertilisation on the composition of the 6-leaf shoots (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, June 2nd 1977).* (1) Elements, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) As the result of P (averaged for NK), (5) Ratio, (6) As the result of K (averaged NP), (7) Optimum composition according to *Bergmann and Neubert (1976)*.

Table 14. *Effect of mineral fertilisation on the composition of the leave at the beginning of flowering (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, July 8th 1977).* (1) Elements, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) As the result of N (averaged for PK), (5) As the result of P (averaged for NK), (6) Ratio, (7) As the result of K (averaged for NP), (8) Optimum composition at the beginning of flowering, (9) Data from *Kádár (1988)*.

Table 15. *Effect of N and P fertilisation on the composition of the air-dry grain (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, October 20th 1977).* (1) Elements, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) As the result of N (averaged for PK), (5) As the result of P (averaged for NK), (6) Ratio, (7) As the result of NxP (averaged for K), (8) N levels.

Table 16. *Effect of mineral fertilisation on the composition of the air-dry stalks (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, October 20th 1977).* (1) Elements, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) As the result of N (averaged for PK), (5) As the result of P (averaged for NK), (6) Ratio, (7) As the result of K (averaged for NP).

Table 17. *Effect of NxP supplies on the composition of air-dry maize stalks (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, October 20th 1977).* (1) N levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Averaged for K.

Table 18. *Effect of N fertilisation on the quantities of elements incorporated into the maize yield (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, October 20th 1977).* (1) Element symbol, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) In the grain yield (averaged for PK), (5) In the stalk yield (averaged for PK), (6) Note: There was an average of 1 kg/ha Ca in the grain.

I. KÁDÁR – L. MÁRTON – S. HORVÁTH (2000): Mineral fertilisation of potato (*Solanum tuberosum* L.) on calcareous chernozem soil

Summary

1. The development of the foliage was stimulated to the greatest extent by combined NK fertilisation, while the dominance of P fertilisation accelerated foliage aging and the appearance of *Alternaria* infection, counteracting the opposite effect of NK fertilisers. As the NK supplies improved there was a 50% increase in the number of tubers and a 25-30% rise in the mean mass of the tubers, while the tuber yield per hectare was almost doubled. K fertilisation led to a 1.5% increase in the starch%.
2. Cooking quality parameters (raw grey and brown discoloration; brown discoloration during frying, grey discoloration during boiling; brown discoloration during frying, grey discoloration during boiling of over-ready chips; grittiness, water content, consistency and flavour) exhibited no significant change as a function of plant nutrition, retaining the favourable characteristics of the variety. Nor could any difference between the treatments be demonstrated for the shrinkage losses recorded during 190 days of storage.
3. According to the soil analyses "satisfactory" P supplies for potato could be achieved with 110-120 ppm AL-soluble P_2O_5 or 25-30 ppm $NaHCO_3$ -soluble P_2O_5 . "Satisfactory" K supplies were reached at a concentration of 150-200 ppm AL- K_2O or NH_4 -acetate- K_2O , at which point the K effects disappeared. The analysis of 1:50 aqueous extracts indicated that 10-20 ppm P_2O_5 and 50-60 ppm K_2O content in the ploughed layer could be regarded as "satisfactory". The total of EUF fractions I-VII showed that the following concentrations resulted in "satisfactory" supplies: EUF- P_2O_5 20-30 ppm, EUF- K_2O 130-140 ppm.

Table 1. Effect of P supplies on the foliage and tubers of potato (Variety Désiré, Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978). (1) Designation, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Foliage analysis (averaged over NK treatments), (5) Scoring, (6) Tuber analysis (averaged over NK treatments), (7) Tubers, No/plant, (8) Tubers, g/tuber, (9) Tubers, g/plant, (10) Yield, t/ha, (11) Starch, %, (12) Starch, t/ha, (13) Scoring on June 23rd at full flowering, (14) Scoring on July 27th at the end of flowering, (15) Scoring on July 27th for *Alternaria* leaf spots, (16) Scoring on September 7th for foliage withering.

Table 2. Effect of N and K treatments on potatoes at harvesting (Variety Désiré, Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, September 14th 1978). (1) Designation, (2) N and K treatments, or supply levels, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) Tuber number, No/plant, (6) Tuber weight, g/tuber, (7) Tuber weight, g/plant, (8) Tuber yield, t/ha, (9) Starch, %, (10) Starch, t/ha, (11) At N supply levels, (12) At K supply levels.

Table 3. Analysis of the effect of extreme nutrient deficiency and excess (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978). (1) Designation, (2) Scoring on June 23rd for foliage development, (3) Scoring on July 27th for foliage development, (4) Scoring on July 27th for leaf spots, (5) Scoring on September 7th for foliage withering, (6) Fresh foliage yield on September 14th, t/ha, (7) Air-dry foliage yield on September 14th, t/ha, (8) Percentage of air-dry matter on

September 14th, (9) Tuber yield, t/ha, (10) Starch, %, (11) Starch yield, t/ha, (12) Tubers, No./plant, (13) Tubers, g/tuber, (14) Tubers, g/plant, (15) Tuber + foliage yield, fresh, t/ha, (16) Tuber + foliage yield, air-dry, t/ha.

Table 4. Effect of fertilization on the tuber yield, q/ha, 1978.

Table 5. Changes in readily available element contents in the ploughed layer (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök). (1) Year of sampling, (2) P and K supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) AL-P₂O₅ ppm (as the effect of P), (6) NaHCO₃-P₂O₅ ppm (as the effect of P), (7) AL-K₂O ppm (as the effect of K), (8) NH₄-acetate K₂O ppm (as the effect of K), (9) Note: Average concentrations were AL-soluble Ca 8120, Mg 868, Mn 254, Na 16, Zn 1.6, Cu 0.8 ppm; NH₄-acetate exchangeable Ca 4770, Mg 190 ppm.

Table 6. Results of analysing a 1:50 aqueous soil extract from the ploughed layer (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978). (1) PK levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean.

I. KÁDÁR (2000): Nutrient uptake of potato (*Solanum tuberosum* L.) on calcareous chernozem soil

Summary

1. On this relatively humus-rich loamy soil, satisfactory N levels for potato can be characterised by values of 4.5-5.0% N at the beginning of flowering, 3.5-4.0% at the end of flowering and 1.5-2.0% prior to harvesting in air-dry leaves, or 1.7-1.8% N in the tubers. Satisfactory values of P are 0.40-0.50% at the beginning of flowering, 0.25-0.30% at the end of flowering and 0.10-0.15% at harvest in the dry leaves, or 0.25-0.30% in the dry tubers. Satisfactory K supplies were reflected by K concentrations of 3.0-4.0% at the beginning of flowering, 2.0-3.0% at the end of flowering and 1.0-1.5% at harvest in dry leaves, or 1.5-2.0% in the tubers. These data can be used as guidelines by the extension service.
2. The ratio of the major elements also gives a good reflection of the nutritional status of the plant and can thus be used for diagnostic purposes. The data suggest that the satisfactory or "normal" N/P ratio in the dry leaves is 10-12 at the beginning of flowering, and 12-15 at the end of flowering and at harvest. The K/P ratio of the foliage at flowering should be between 5 and 10.
3. The tuber yield ranged from 13.4-32.6 t/ha in the N₀P₀K₀-N₃P₃K₃ treatments. The quantity of elements taken up by the tubers + foliage were as follows (kg/ha): N 66—180, P₂O₅ 25-69, K₂O 55-192, CaO 46-84, MgO 27-42, Fe and Na 2-3, Mn 0.2-0.3, Zn 0.1-0.2, Cu 0.03-0.06. The specific element requirements for 1 t tubers + foliage averaged 5.5 kg N, 5.3 kg K₂O, 1.9 kg P₂O₅, 2.5 kg CaO and 1.4 kg MgO, and were in good agreement with the parameters used by the Hungarian extension service (with the exception of K₂O, where a parameter of 9 kg/t is applied).
4. If the foliage remains in the field, the Ca and Mg requirements become negligible, while the specific K requirement drops to 5-6 kg/t K₂O, which is half that given in the literature. The specific requirement of 9 kg/t K₂O reflects luxury K uptake, which is frequent on the colloid-poor, intensively fertilised

soils of North-West Europe. On average sites in Hungary this value may lead to over-fertilisation with K.

Table 7. *Effect of N supplies on the composition of air-dry potato (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978).* (1) Plant organ, (2) Annual N rate (kg/ha), (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Foliage, (6) Tubers, (7) ¹At the beginning of flowering, on June 16th, ²At the end of flowering, on July 27th, ³At harvest, on September 14th. Tuber yield: N₀= 19.2, N₁₀₀= 23.6, N₂₀₀=25.0, N₃₀₀= 26.4, LSD_{5%}=1.3 t/ha.

Table 8. *Effect of P supplies on the composition of air-dry potato (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978).* (1) Plant organ, (2) NH₄-lactate-soluble P₂O₅, mg/kg soil, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Foliage, (6) Tubers, (7) ¹At the beginning of flowering, on June 16th, ²At the end of flowering, on July 27th, ³At harvest, on September 14th. Tuber yield at the P levels: P₀=20.1, P₁=24.6, P₂=24.4, P₃=25.0, LSD_{5%}=1.3 t/ha.

Table 9. *Effect of K supplies on the composition of air-dry potato (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978).* (1) Plant organ, (2) NH₄-lactate-soluble K₂O, mg/kg soil, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Foliage, (6) Tubers, (7) ¹At the beginning of flowering, on June 16th, ²At the end of flowering, on July 27th, ³At harvest, on September 14th. Tuber yield at the K levels: K₀=19.0, K₁=23.4, K₂=25.4, K₃=26.4, LSD_{5%}=1.3 t/ha.

Table 10. *Effect of N supplies on the element uptake of potato at harvest (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978).* (1) Elements taken up, (2) Annual N rate, kg/ha, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) In the foliage yield, (6) In the tuber yield, (7) Note: P₀= 12, P₁= 18, P₂= 19, P₃= 21 kg/ha P (in the tuber), K₀= 58, K₁= 78, K₂= 106, K₃= 125 kg/ha K (in the tuber), K₀= 5, K₁= 6, K₂= 14, K₃= 23 kg/ha K (in the foliage).

Table 11. *Mean specific element requirements of potato based on the composition of 1 t fresh tuber + the relevant foliage (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1978).* (1) Elements, (2) Tuber, (3) Foliage, (4) Together, (5) Together %, (6) Tuber %, (7) Note: Kx1.20=K₂O, Px2.29=P₂O₅, Cax1.40=CaO, Mgx1.67=MgO; Specific K₂O= 5.3, P₂O₅= 1.9, CaO=2.5, MgO=1.4 kg/t.

I.KÁDÁR (2000): Mineral fertilisation of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) on calcareous loamy chernozem soil

Summary

1. No K effects were observed. The original 120-140 mg/kg AL-K₂O content of the soil was sufficient to satisfy the K requirements of winter barley. Satisfactory P supplies were provided by 150-200 mg/kg AL-P₂O₅, and satisfactory N supplies by 100 kg/ha/year.
2. N fertiliser applied alone did not increase the yield, while the shoots showed an increase of 10 times at tillering, 6-8 times at heading and 3-4 times at flowering after NxP fertilisation compared to the unfertilised control. The grain yield at harvest rose from 2.5 to 4.1 t/ha. Due to the summer drought excessive N fertilisation led to a 0.7 t/ha reduction in yield. The 1000-grain mass dropped from 26 to 21 g as the result of excessive NxP fertilisation.

3. On P-deficient soil the plants had poor tillering and the stand was short and chlorotic, exhibiting approx. 2-week retardation in development. During the ripening stage these differences gradually disappeared. Between flowering and harvesting the aboveground air-dry matter yield rose by 1.7 t/ha on the P control soil, while it decreased 1.9 t/ha on the $N_3P_3K_3$ plots.
4. Satisfactory NPK supplies to winter barley were characterised by shoot nutrient contents of 4-5% N, 3-4% K and 0.4-0.5% P at the end of tillering. The limit concentration ranges published in the literature for diagnostic purposes can be used as guidelines in the extension service.
5. Balanced NPK supplies to winter barley were indicated by ratios of 10-15 N/P, 8-12 K/P and 1.0-1.5 N/K in the shoots at tillering. The literature optima contain diagnostic information and can be used in the extension service.

Table 1. *Effect of N x P supplies on the development of winter barley (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1979).* (1) N levels, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Scoring on April 17th at tillering, (5) Scoring on May 28th at flowering, (6) 1000-grain mass at harvest, (7) Note: 1-poorly developed, short, chlorotic stand with poor tillering, 5- well-developed, tall, dark green, healthy, strongly tillering stand.

Table 2. *Effect of N x P supplies on the air-dry yield of winter barley (Calcareous chernozem, Nagyhörcsök, 1979, t/ha).* (1) N levels, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Shoots at the end of tillering on April 17th, (5) Shoots at heading on May 14th, (6) Shoots at flowering on June 1st, (7) Grain at harvest on July 4th, (8) Straw at harvest on July 4th, (9) Note: The husks made up 0.5 t/ha on average.

Table 3. *Effect of N supplies on the composition of air-dry winter barley (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Phenophase, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Tillering, (5) Heading, (6) Flowering, (7) Straw, (8) Husks, (9) Grain, (10) Optimum at tillering according to the literature.

Table 4. *Effect of P supplies on the composition of air-dry winter barley (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Phenophase, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Tillering, (5) Heading, (6) Flowering, (7) Straw, (8) Husks, (9) Grain, (10) Optimum at tillering according to the literature.

Table 5. *Effect of K supplies on the composition of air-dry winter barley (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Phenophase, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Tillering, (5) Heading, (6) Flowering, (7) Straw, (8) Husks, (9) Grain, (10) Optimum at the end of tillering according to the literature.

Table 6. *Effect of N x P supplies on the composition of air-dry winter barley (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Character, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Tillering, (5) Heading, (6) Flowering, (7) Straw, (8) Husks, (9) Grain, (10) Note: Na averages 0.08% in the husks and 0.05% in the grain, Fe averages 79 ppm at heading, 162 ppm in the husks and 58 ppm in the grain.

Table 7. *Effect of N x P supplies on the N/P ratio of winter barley (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1979).* (1) N levels, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) At tillering, (5) At heading, (6) In the straw, (7) In the husks, (8) Optimum in the shoots at the end of tillering according to the literature: 10-15 N/P.

I.KÁDÁR (2000): Nutrient uptake of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) on calcareous chernozem soil

Summary

1. N_xP interactions were dominant in element uptake (as in the formation of dry matter and in changes in the plant composition). The element uptake recorded on the unfertilised control plot generally increased by an order of magnitude as the result of a joint excess of N and P in shoots at the end of tillering or at heading. The fertiliser effects later declined and the differences were 1.5-3.5 times at harvest, depending on the elements. Zn was the only exception. Maximum Zn uptake was observed at the N₁P₁ level, while in the N₃P₃ treatment there was a reduction of some 30% due to P-Zn ion antagonism.
2. The incorporation of the elements generally preceded dry matter accumulation, especially in the case of plentiful NP supplies. Maximum absorption in the shoots was recorded at heading for N, P and K and at flowering for Ca, Mg and Na. Between this period and maturity the winter barley lost 1/3 of the N, 1/2 of the Ca, Mg and Na and approx. 60% of the K in plots with an excess of N and P partly due to the withering of the foliage. On P-deficient soil this phenomenon was only observed to a moderate extent for K. In the case of microelements the accumulation was pronounced right up to maturity on the P control soil (and for Fe in the NP treatments, too), while the maximum quantity of Mn, Zn and Cu absorbed was much the same at flowering and harvest in the NP treatments.
3. With an improvement in the NPK supplies (with an excess of NP) the uptake of other elements accelerated in the early development stages, which could lead to a change in the dynamics of uptake and in the specific element contents. On the NP plots with maximum yield the specific N, P, K and Na values were 20%, 30%, 30% and 100% greater than the control, while the Mg and Zn values were 30% and 45% lower.
4. The specific element content of winter barley, i.e. that of 1 t grain + the relevant by-products, was as follows, depending on the nutrient supplies in the soil: N 24-30 kg, K₂O 14-19 kg, CaO 6-7 kg, P₂O₅ 8-11 kg, MgO 3-4 kg, Na₂O 2-4 kg, Fe 170-200 g, Mn 50-60 g, Zn 24-42 g, Cu 5-6 g. The values of 27 kg N, 10 kg P₂O₅ and 3 kg MgO recommended by the Hungarian extension service are in good agreement with these results, while the 26 kg K₂O and the 10 kg CaO are 35-40% too high.
5. If the crop is harvested with a combine which only removes the grain yield from the field, the K and Ca requirements are reduced to a minimum. A total of only 10 kg Ca and 30 kg K₂O would be lost per hectare for an average yield of 5 t/ha, which is not substantial even on acidic or K-deficient soil. On heavier soils rich in lime and K this loss is negligible.

Table 9. Effect of N_xP supplies on the N uptake of winter barley, kg/ha (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1979). (1) N levels, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Shoots at the end of tillering on April 17th, (5) Shoots at heading on May 14th, (6) Shoots at flowering on June 1st, (7) Grain at harvest on July 4th, (8) Total aboveground yield on July 4th, (9) Note: Depending on the treatment, 10-30 (average 20) kg/ha in the straw, 2-3 kg/ha in the husks.

Table 10. *Effect of P supplies on the element uptake of winter barley (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Phenophase, (2) LSD_{5%}, (3) Mean, (4) Absorbed Fe, g/ha, (5) Tillering, (6) Heading, (7) Flowering, (8) Straw, (9) Grain, (10) Total, (11) Absorbed Mn, g/ha, (12) Absorbed Zn, g/ha, (13) Absorbed Cu, g/ha.

Table 11. *Mean element uptake of winter barley during the vegetation period (3.4 t grain + the relevant by-products) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Element, (2) Tillering, (3) Heading, (4) Flowering, (5) Straw, (6) Grain, (7) Total, (8) Together with the husks, (9) Straw + husks + grain.

Table 12. *Specific element requirements of winter barley as a function of soil supplies (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1979).* (1) Element, (2) Unit, (3) Minimum, (4) Maximum, (5) Average, (6) Element content of 1 t grain + by-products, (7) Original supplies on the growing site, (8) Moderate, (9) Satisfactory, (10) Poor, (11) Conversion: $Px2.29=P_2O_5$; $Kx1.2=K_2O$; $Cax1.4=CaO$; $Mgx1.57=MgO$; $Nax1.35=Na_2O$, (12) On the $N_1P_3K_3$ plots with the maximum yield the specific N, P, K and Na values were approx. 20%, 30%, 30% and 100% higher than the control, while the Mg and Zn values were 30% and 45% lower.

I.KÁDÁR – B. LÁSZTITY (1997): Changes in the dry matter accumulation and nutrient content of oats during the vegetation period

Summary

1. Dry matter accumulation showed a constant increase from tillering to full maturity. It was most intensive for 5-6 weeks following heading, during which time more than half the aboveground dry matter accumulated. The maximum grain yield (5-6 t/ha) were ensured with an annual 100 kg/ha N fertilisation and satisfactory P supplies. K fertilisation had no effect on this loamy (20% clay-containing) soil.
2. The concentration of macroelements decreased in time. N and P concentrated in the grain, and Ca and K in the straw. Mg was found in roughly equal quantities in the main and by-products at harvest. There was a substantial rise in the NPK content after NPK fertilisation, while the concentrations of Ca and Mg declined as a function of the K supplies (K-Ca, K-Mg ion antagonism).
3. The drop in element concentrations in aging plant tissues was also perceptible for the major microelements. P supplies generally improved the uptake of Fe and Mn, but reduced that of Zn to almost a half. However, an increase in the N supplies was able to counterbalance the P-induced reduction in the Zn content. Plentiful N supplies also had a positive effect on the uptake and incorporation of Cu.

Table 1. *Effect of nutrient supplies on the dry matter accumulation of oats (Chernozem soil with lime deposits, Nagyhörcsök, t/ha, 1980).* (1) Effect of nutrient, (2) Supply levels for each element, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Tillering (May 4th), (6) Due to N, (7) Due to P, (8) Due to K, (9) Shooting (May 27th), (10) Heading (July 1st), (11) Grain at maturity (Aug. 8th), (12) Straw at maturity (Aug. 8th), (13) Grain + straw at maturity (Aug. 8th).

Table 2. *Effect of nutrient supplies on the composition of oats (Chernozem soil with lime deposits, Nagyhörcsök, 1980).* (1) Developmental phase, (2) Supply levels

for each element, (3) $\text{LSD}_{5\%}$, (4) Mean, (5) N content at various N levels, %, (6) Tillering, (7) Shooting, (8) Heading, (9) Grain, (10) Straw, (11) P content at various P levels, %, (12) K content at various K levels, %, (13) Ca content at various K levels, %, (14) Mg content at various K levels, %.

Table 3. Effect of nutrient supplies on the composition of oats (Chernozem soil with lime deposits, Nagyhorcsök, 1980). (1) Developmental phase, (2) Supply levels for each element, (3) $\text{LSD}_{5\%}$, (4) Mean, (5) Fe mg/kg at various P levels, %, (6) Tillering, (7) Shooting, (8) Heading, (9) Grain, (10) Straw, (11) Mn mg/kg at various P levels, %, (12) Zn mg/kg at various P levels, %, (13) Zn mg/kg at various N levels, %, (14) Cu mg/kg at various N levels, %.

LKÁDÁR - B. LÁSZTITY (1997): Nutrient uptake in oats in the course of the vegetation period

Summary

1. Intensive accumulation occurred during the shooting stage for N, P, K, Ca, Mg, Mn and Zn, in the heading stage for Fe and during ripening (in the generative phase) for Cu.
2. At harvest an average of 76% of the N, 61% of the P, 16% of the K, 11% of the Ca, 46% of the Mg, 55% of the Fe, 26% of the Cu, 80% of the Zn and 74% of the Cu was found in the grain. It can thus be seen that N, P, Zn and Cu accumulated chiefly in the grain and K and Ca in the by-products, while Fe and Mg are divided approximately equally between the main and by-products. In the case of combine harvesting, when the straw remains in the field, the soil is chiefly depleted of N and P during the cultivation of oats.
3. At a grain yield level of 5-6 t/ha, plus the relevant straw yield, oats can be expected to absorb a maximum of 150-160 kg N, 150-170 kg K ($180-200 \text{ kg K}_2\text{O}$), 30-40 kg P ($70-90 \text{ kg P}_2\text{O}_5$), 30-40 kg Ca, 15-18 kg Mg, 1.2-1.4 kg Fe, 1.1-1.4 kg Mn, 110-120 g Zn and 100-110 g Cu.
4. When determining the nutrient (fertiliser) requirements of the planned yield, 25-30 kg N, 25-30 kg K_2O , 10-15 kg P_2O_5 , 5-6 kg Ca and 2-3 kg Mg should be calculated for each ton of grain yield + straw. The specific microelement requirements are around 200 g for Fe and Mn and around 20 g for Zn and Cu. The specific contents may vary over a wide range of values as the result of the ion antagonisms and synergisms which modify supplies and uptake.

Table 4. Effect of nutrient supplies on the element uptake of oats (Chernozem with lime deposits, Nagyhorcsök, 1980). (1) Development phase, (2) Supply levels for each element, (3) $\text{LSD}_{5\%}$, (4) Mean, (5) N kg/ha at each N level, (6) N kg/ha at each P level, (7) P kg/ha at each P level, (8) K kg/ha at each K level, (9) Tillering, (10) Shooting, (11) Heading, (12) Full maturity, (13) Grain, (14) Straw, (15) Note: $\text{Px}2.9=\text{P}_2\text{O}_5$ and $\text{Kx}1.20=\text{K}_2\text{O}$.

Table 5. Effect of nutrient supplies on the element uptake of oats (Chernozem with lime deposits, Nagyhorcsök, 1980). (1) – (10): see Table 4, (11) Ca kg/ha at each P level, (12) Ca kg/ha at each K level, (13) Mg kg/ha at each P level, (14) Mg kg/ha at each K level.

Table 6. *Effect of nutrient supplies on the element uptake of oats (Chernozem with lime deposits, Nagyhörcsök, 1980). (1)- (10): see Table 4, (11) Fe g/ha at each P level, (12) Mn g/ha at each P level, (13) Zn g/ha at each N level, (14) Cu g/ha at each P level.*

Table 7. *Effect of nutrient supplies on the specific element contents of oats (i.e. for 1 t grain + straw yield). Variety: Leanda. (Chernozem with lime deposits, Nagyhörcsök, 1980). (1) Element, (2) Supply levels for each element, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) At each N level, (6) At each P level, (7) At each K level.*

I.KÁDÁR – E. KISS (2000): Mineral fertilisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) on calcareous loamy chernozem soil

Summary

1. **Nitrogen.** The maximum beet yield (55.7 t/ha) and refined sugar yield (10.1 t/ha) were given by the 100 kg/ha/year N treatment. The maximum digestion (19.4%) was obtained on plots which had received no N for 8 years. As the result of increasing N abundance the beet/foilage ratio dropped from 4.5 to 2.2 and the plant density at harvest from 82,000 to 66,000, while the mean beet mass rose from 568 g to 835 g. In this same treatment the digestion and refined sugar yield were reduced by 2.0-2.5%, while the molasses yield rose from 2.8% to 3.6% and the harmful N from 4.6 to 8.8 mgeq/100 g. the K and Na concentrations were also significantly higher, by 0.6 mgeq/100 g.
2. **Phosphorus.** Sugar beet does not have a high P requirement and no real P effects were observed on this low-P soil. The optimum AL-P₂O₅ range on calcareous loamy soils of this type is around 150-200 mg/kg. The damaging effects of excessive N could not be counterbalanced by increasing P rates.
3. **Potassium.** The optimum AL-K₂O range was around 200 mg/kg and increasing K rates were partly able to counteract the negative consequences of excessive N: they moderated the reduction in plant density, increased digestion by 0.5-0.7% and resulted in a 1.4 t/ha increase in the crude sugar yield and a 0.9 t/ha increase in the refined sugar yield. There was no change in the refined sugar %, however, since the excessive rate of K also increased the K content of the beet from 4.3 to 6.9 mgeq/100 g, while the molasses content rose from 2.8 to 3.8 %.
4. The NO₃-N reserves in the 0-60 cm soil layer at sowing could serve as a basis for determining the N requirements. These N reserves have a value equal to that of mineral fertilisers and give a good reflection of the N-supplying ability of the soil. The optimum values of the 200C fraction obtained using the EUF method indicate the following limit concentrations for the ploughed layers of similar soils: NO₃+NO₂-N 3-4, P 1.0-1.5, K 8-10 mg/kg. These data could serve as guidelines for the extension service.

Table 1. *Distribution of rainfall over 3-monthly periods and during the vegetation period, mm (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1974-1981). (1) Years, (2) Annual sums, (3) 3-monthly sums, (4) During the vegetation period, (5) Crop sequence, (6) April-September, (7) October-June, (8) Wheat, (9) Maize, (10)*

Potatoes, (11) Winter barley, (12) Oats, (13) Sugar beet, (14) *1=Jan.-Mar., 2=Apr.-Jun., 3=Jul.-Sep., 4=Oct.-Dec.

Table 2. Fertiliser treatments applied in the experiment and the available element reserves of the soil (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Apr. 30th 1981). (1) Fertilisation, soil sampling, (2) Treatments, supply, levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Active agents applied, (6) Annually, (7) Over 8 years, (9) KCl-exchangeable NH₄-N, mg/kg, at the N levels, (10) KCl-soluble NO₃-N, mg/kg at the N levels, (11) Total for the 0-60 cm layer, kg/ha at the N levels, (12) Total, (13) AL-soluble P₂O₅, mg/kg, at the P levels, (14) Al-soluble K₂O, mg/kg, at the K levels.

Table 3. Effect of NPK fertilisation on the EUF fractions of the ploughed layer (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, Apr. 30th 1981. Analysis by the Békés County Phytosanitary and Soil Protection Station, Békéscsaba). (1) EUF fractions, mg/kg soil, (2) Treatments, supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) At 20°C, (6) P mg/kg at the P levels, (7) At 80°C, (8) K mg/kg at the K levels, (9) Ca mg/kg at the N levels, (10) Na mg/kg at the N levels, (11) Mg mg/kg at the N levels, (12) Note: ÖDB limit value (optimum) at 20°C, mg/kg: 13-21 P, 80-150 K, 400-500 Ca, (ÖDB: Austrian Fertilizer Recommendation Center (Österreichische Düngerberatungsstelle)).

Table 4. Effect of N supplies on sugar beet (means of 32 replications) (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1981). (1) Characters analysed, (2) NO₃-N kg/ha at sowing (0-60 cm soil), (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring of foliage, (6) 4-6-leaf stage, (7) Leaf diseases, (8) Leaf withering, (9) Root/foliage ratio, (10) Plant density, 1000/ha, (11) Root weight, g/root, (12) Root yield, t/ha, (13) Foliage yield, t/ha, (14) Total yield, t/ha, (15) Digestion %, (16) Refined sugar %, (17) Molasses %, (18) Harmful-N mgeq/100 g, (19) K mgeq/100 g, (20) Na mgeq/100 g, (21) Crude sugar, t/ha, (22) Refined sugar, t/ha, (23) ¹On May 27th (1=very poorly developed, 5= very well developed healthy stand), (24) ²On October 26th (1= only traces of leaf disease, 5= severely diseased leaf area), (25) ³On November 2nd (1= green foliage, 5=approx 50% of the foliage had withered).

Table 5. Effect of P supplies on sugar beet (means of 32 replications) (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1981). (1) Characters analysed, (2) Ammonium lactate-soluble P₂O₅, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring of foliage, (6) 4-6-leaf stage, (7) Leaf diseases, (8) Leaf withering, (9) Root/foliage ratio, (10) Plant density, 1000/ha, (11) Root weight, g/root, (12) Root yield, t/ha, (13) Foliage yield, t/ha, (14) total yield, t/ha, (15) Digestion %, (16) Refined sugar %, (17) Molasses %, (18) Harmful-N mgeq/100 g, (19) K mgeq/100 g, (20) Na mgeq/100 g, (21) Crude sugar, t/ha, (22) Refined sugar, t/ha, (23) ¹On May 27th, ²On October 26th, ³On November 2nd (for details see Table 5), (24) *The roots and foliage contained an average of 30% and 15% air-dry matter, respectively. In mid-August the foliage weight was almost twice as high.

Table 6. Effect of K supplies on sugar beet (means of 32 replications) (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1981). (1) Characters analyses, (2) Ammonium lactate-soluble K₂O, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Scoring of foliage, (6) 4-6-leaf stage, (7) Leaf diseases, (8) Leaf withering, (9) Root/foliage ratio, (10) Plant density, 1000/ha, (11) Root weight, g/root, (12) Root yield, t/ha, (13) Foliage yield, t/ha, (14) Total yield, t/ha, (15) Digestion %, (16) Refined sugar %, (17) Molasses %, (18) Harmful-N mgeq/100 g, (19) K mgeq/100 g, (20) Na

mgeq/100 g, (21) Crude sugar, t/ha, (22) Refined sugar, t/ha, (23) 1On May 27th, 2On October 26th, 3On November 2nd (for details see Table 5), (24) *The roots and foliage contained an average of 15.6 t/ha air-dry matter, respectively, i.e. 19.0 t/ha in all.

Table 7. *Effect of NPK supplies on sugar beet foliage (g/20 plants, means 32 replications) (Calcareous loamy chernozem, Nagyhörcsök, 1981).* (1) Characters analysed, (2) Treatments, supply levels, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) At the N levels, g/20 air-dry leaves, (6) Leaf blade, (7) Leaf stalk, (8) At the N levels, % air-dry matter, (12) ¹On June 19th, 2On August 7th, (13) At the P levels the air-dry matter content in the leaf blades rose from 10% to 12% on June 29th.

I.KÁDÁR (2001): Estimation of the nutrient status of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) using plant analysis

Summary

1. The maximum beet yield (55.7 t/ha) and refined sugar yield (10.1 t/ha) were achieved at the following optimum concentrations in the leaf-blade at the end of June, in agreement with data in the literature: 4-5% K, 3-4% N, 0.3-0.4% P, 10-15 N/P, 10-15 N/K and 1.0-1.5 P/K ratio.
2. Over-fertilisation with N doubled the N and Na % of the beets compared with the control, thus spoiling their quality. Increasing P dominance doubled the P% of the beets and moderated the uptake of K, Mn and Zn, but was unable to counteract the negative effect of excessive N. With an improvement in the K supplies there was an increase in the K and Na concentrations and a drop in the N and Mg concentrations of the beets. An excess of K was able to counterbalance the negative effect of over-fertilisation with N to a certain extent.
3. The K reserves of the petioles may exceed the K content of the leaf-blade by as much as 50-60%, especially in the case of luxury supplies. The petioles stores K, so it could be used to diagnose the K supplies to the plant. Satisfactory supplies are indicated by a K concentration of 6-7% in late June and 4-5% in early August.
4. NO₃-N is stored in the petioles, in which 40% of the total N may be present in nitrate form. The 1000 mg/kg nitrate limit value given in the international literature can be accepted as a satisfactory value for the achievement of maximum sugar content. In the case of repeated samplings it could help to control N nutrition during the vegetation period and to determine the harvesting order.
5. The optimum ratios of the major nutrients could contribute to the estimation of balanced nutrition, make fertiliser recommendations more reliable and reveal whether any elements become limited during the vegetation period. The data presented in the paper could serve as guidelines for the extension service (Tables 6, 7 and 8).

I.KÁDÁR (2001): Element uptake of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) on calcareous chernozem soil

Summary

1. Compared to the control extreme supplies of NPK led to a doubling of the young leaf-blade mass and an increase of 3-4 times in the mass of the leaf-stalk. The minimum and maximum values of yield components at harvesting, as a function of the nutrient supply, were as follows: beet/foilage ratio 2.1 and 6.7, plant density 53 and 92 thousand/ha, mean beet mass 490 and 910 g/beet, beet yield 42 and 56 t/ha, foliage yield 10 and 25 t/ha.
2. Parameters of industrial quality also changed, deteriorating drastically on over-fertilised soil: digestion to 17.0 from 19.4%, refined sugar to 12.7 from 16.7%, molasses to 4.2 from 2.4 %; harmful N to 9.0 from 3.0, K to 7.4 from 4.3; Na to 2.0 from 0.8 mgeq/100 g. The crude sugar yield ranged from 7.0 to 10.4 t/ha and the refined sugar yield from 6.3 to 9.0 t/ha depending on NPK combinations.
3. Depending on the nutrient supplies of the soil, differences of 2-3 times were observed in the element concentrations of the sugar beet organs, the quality-reducing effect of luxury uptake being manifest in the composition of the young leaf-blades and leaf-stalks and in that of foliage and beets at harvest. All the organs examined could be used for the diagnosis of the nutrient status.
4. The element uptake of sugar beet was influenced to the greatest extent by the N supplies, which stimulated the uptake of all the elements. The beets accumulated 2/3 of the N, P and Fe and 3/5 of the K, while the foliage accumulated 56% of the Mg and 75-76% of the Na and Ca. The quantity of N absorbed by the foliage + beet ranged from 100 to 508 kg for N, 160 to 355 kg for K (192 to 426 kg K₂O) and 8 to 38 kg for P (18 to 87 kg P₂O₅). The uptake of Na, Mg, Ca, Cu and Zn also increased several times.
5. The specific element content of 10 t beet + the relevant foliage yield exhibited the following minimum and maximum values depending on the treatments: 24-88 kg N, 40-58 kg K (48-70 kg K₂O), 6-42 kg Na, 7-24 kg Mg, 8-21 kg Ca, 2-6 kg P (5-14 kg P₂O₅), 2-7 kg Fe, 300-400 g Mn, 15-80 g Zn and 22-52 g Cu. The lower specific element requirements could be used as a guideline for the Hungarian extension service.
6. Scanning electron microscopic (SEM) and transmission electron microscopic (TEM) analyses indicated that the cell-walls of beets over-fertilised with N and weighing over 1 kg were almost a tenth thinner than those of small N-deficient beets (*Figure 1*). Such beets are more easily damaged and less resistant to microorganisms causing rotting, so they not only have poorer industrial quality, but are also difficult to store.

Table 8. Minimum and maximum parameters in the sugar beet experiment (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhorcsök, 1981). (1) Parameters, (2) Leaf mass, g/20 green leaves, (3) Leaf-blade on June 29th, (4) Leaf-blade on August 7th, (5) Petioles on June 29th, (6) Petioles on August 7th, (7) At harvest on November 2nd, (8) Beet/foilage ratio, (9) Plant density, 1000/ha, (10) Average beet mass, g/beet, (11) Beet yield, t/ha, (12) Foliage yield, t/ha, (13) Total yield, t/ha, (14) Digestion %, (15) Refined sugar %, (16) Molasses %, (17) Harmful N, mgeq/100 g, (18) Crude

sugar, t/ha, (19) Refined sugar, t/ha, (20) N, P and K supply levels and combinations.

Table 9. *Minimum and maximum element concentrations in the sugar beet experiment (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1981).* (1) Element symbol, (2) Unit, (3) Leaf-blade, (4) Petioles, (5) Foliage, (6) Beet, (7) 1 = on June 29th when the rows closed, 2= on August 7th, 3= at harvest on November 2nd.

Table 10. *Effect of NPK supplies on the element uptake of sugar beet (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1981).* (1) Element, (2) Unit, (3) NO₃-N kg/ha in the 0-60 cm layer at sowing, (4) LSD_{5%}, (5) Mean, (6) In the beets at harvest, (7) Air-dry matter, (8) In the foliage at harvest.

Figure 1. Transmission electron microscopic (TEM) photograph of the cell-walls of sugar beet. (1) Control 0 kg/ha/year N, (2) 300 kg/ha/year N.

Table 11. *Minimum and maximum element uptake in the sugar beet experiment (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1981).* (1) Element symbol, (2) Unit, (3) Foliage, (4) Beet, (5) Total, (6) Air-dry matter.

Table 12. *Specific element contents for 10 t sugar beet + the relevant foliage (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1981).* (1) Element symbol, (2) NO₃-N kg/ha in the 0-60 cm layer at sowing, (3) LSD_{5%}, (4) Mean (5) Extreme deviations between the individual treatments.

I.KÁDÁR – D. LUKÁCS – J. VÖRÖS – J. SZILÁGYI (2001): Fertilisation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on a calcareous loamy chernozem soil

Summary

1. The air dry mass of the 6-8-leaf sunflower shoots rose 2.5 times as the result of combined PK fertilisation, while N fertilisation caused mild depression. By harvest time the PK effects had disappeared and a moderate (0.3 t/ha) N effect was observed in the achene yield, which could be attributed to an increase in the diameter of the inflorescence. As the NxP supplies improved, however, the oil content of the seed declined from 50 to 45 %, so there was no change in the oil yield as the result of the treatments.
2. Sunflower yielded 3.1 t seed, 3.1 t stalk and 1.7 t head (a total of 7.9 t air-dry mass) per hectare. The oil yield was 1.5 t/ha. On similar soils rates of 100 kg/ha N, 120-150 mg/kg AL-P₂O₅ and 150-200 mg/kg AL-K₂O, estimated with the ammonium lactate method, will ensure a good yield.
3. Excessive nutrient supplies, or over-fertilisation, led not to a greater yield, but to greater susceptibility to diseases and to a decrease in quality. The occurrence of *Macrophomina phaseolina* in the mature crop was four times as high as in the control, especially in plots given combined NxP supplies. Infection with *Alternaria zinniae* rose significantly by 8% due to excessive K, while infection with *Embellisia helianthi* was doubled by excessive N. The frequency of *Sclerotinia sclerotiorum* was insignificant in this dry year, though it also tended to increase with fertilisation (from 0.3 to 3%). The number of seeds shed from the head was also several times greater in the fertilised plots.
4. The extreme values of 1000-seed mass and oil content ranged 20-80 g and 40-57% respectively, for individually examined plants. The seed yield and 1000-achene mass rose with an increase in the head diameter, while the oil% of the

seed declined. There was a great reduction in the 1000-seed mass and an increase in the oil % towards the middle of the head.

5. From the agronomic point of view a head diameter of 18-20 cm, a plant density of 45-55 thousand plants/ha, achieved with a spacing of 70x25 or 70x30 cm, and most importantly a uniform stand are desirable. A thin stand resulting in extremely large heads or a dense stand leading to very small heads both will reduce the oil yield.
6. On relatively heavy soils with a satisfactory supply of nutrients sunflower is not a crop with a high fertiliser requirement. A seed yield of 3 t/ha can be achieved with approx. half as much N and P fertiliser as a 6 t/ha yield of cereals. The interest of the grower and the oil industry will not clash if the negative correlation between yield and oil % is only moderately manifested.

Table 1. *Effect of fertilization on the development of sunflower. Scoring for stand development (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhorcsök, 1982).* (1) Scoring date, (2) Nutrient supply levels, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) As the result of N (averaged over PK), (6) As the result of P (averaged over NK), (7) As the result of K (averaged over PK), (8) On June 22, (9) On July 8, (10) On Sep. 13, (11) Note: 1= very poorly developed stand, 5= very well developed.

Table 2. *Effect of NPK supplies on the air-dry yield of sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhorcsök, 1982).* (1) N and K supplies (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) 6-8-leaf shoot on June 22, kg/ha, (6) Achene, t/ha, (7) Oil % of the achenes, (8) Stalk mass 3.1, head 1.7 and total aboveground mass 7.9 t/ha. Mean oil yield 1.5 t/ha (9) $K_0=160$, $K_1=193$, $K_2=232$, $K_3=291$ mg/kg AL-soluble K_2O in the ploughed layer, (10) $N_0=0$, $N_1=100$, $N_2=200$, $N_3=300$ kg/ha N annually for 9 years.

Table 3. *Effect of NPK supplies on the disease resistance of sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhorcsök, 1982).* (1) N and K levels, (2) N dose kg/ha annually, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) Macrophomina, (6) Alternaria, (7) Embellisia, (8) Grain dropping %, (9) Note: Achene shedding % during sample processing on Dec. 18. $P_1=177$, $P_2=343$, $P_3=459$ mg/kg AL-soluble P_2O_5 . $K_0=160$, $K_1=193$, $K_2=232$, $K_3=291$ mg/kg AL-soluble K_2O .

Table 4. *Effect of head size on other yield attributes (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhorcsök, 1982).* (1) Yield attributes, (2) Head size, (3) Large, (4) Medium, (5) Small, (6) Very small, (7) Head diameter, (8) Head surface, (9) Achene mass, g/head, (10) 1000-achene mass, (11) Outer 1/3, (12) Middle 1/3, (13) Inner 1/3, (14) Oil % in the seed, (15) Mean oil %, (16) Oil yield, g/head, (17) Note: The 1000-grain mass fluctuated between extreme values of 20-80 g and the oil content between 40-57% (n=124).

L.KÁDÁR (2001): Nutrient uptake of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on a calcareous loamy chernozem soil

Summary

1. On this humus-rich loamy soil satisfactory element supplies to sunflower can be characterised by concentrations of 3-4% N, 0.4-0.6% P and 5-6% K in the air-dry 6-8-leaf shoot, or 2.5-3.5% N, 0.-0.5% P and 3-4% K in the leaf below the head at the beginning of flowering.

2. The ratios calculated from the optimum contents, which reflect a balanced nutrient status, were as follows: 8-15 K/P, 5-10 N/P, 0.5-0.8 N/K in air-dry leafy shoots, and 6-13 K/P, 5-12 NP, 0.6-1.2 N/K in the air-dry leaf below the head at the beginning of flowering.
3. An improvement in soil N reserves increased the N and Mn contents, improved K supplies the K% and increasing P supplies the Ca, Na and P concentrations in the plant organs. There was evidence of K-Mg, P-Zn and P-Cu antagonism. The P-Zn antagonism and to a certain extent the P-Cu antagonism appears to have induced latent Zn and Cu deficiencies, judging by the Zn and Cu contents and the P/Zn and P/Cu ratios.
4. Depending on the treatments, 90-180 kg N, 31-80 kg P₂O₅, 144-360 kg K₂O, 70-112 kg CaO and 35-78 kg MgO accumulated in the 3.1 t/ha achene + 1.7 t/ha head + 3.1 t/ha stalk, i.e. 7.9 t/ha total air-dry aboveground yield. The mean specific (1 t achene + by-product) element requirements were found to be 42 kg N, 19 kg P₂O₅, 82 kg K₂O, 30 kg CaO and 18 kg MgO. The specific index of 30 kg P₂O₅ recommended by the Hungarian extension service leads to over-fertilisation.
5. The 3.1 t seed yield contains an average of 88 kg N, 45 kg P₂O₅, 35 kg K₂O, 8 kg CaO and 16 kg MgO. When a combine harvester is used and the by-products remain in the field, the K, Ca and Mg losses become insignificant, and on heavy soils rich in K the application of these nutrients can be omitted temporarily or permanently in a crop rotation. Instead of being a soil-depleting crop capable of extreme K uptake, sunflower becomes a crop with a moderate demand for K if only the seed yield is harvested.

Table 5. *Effect of N and K supplies on the composition of air-dry sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörcsök, 1982).* (1) Plant organ, (2) N supply levels, kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Leaf, (7) Stalk, (8) Head, (9) Achene, (10) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg, (11) Optimum composition of the leaf below the inflorescence at the beginning of flowering (Bergmann 1988): N 3-5%, Ca 0.8-2.0%, Mg 0.3-0.8%, P 0.25-0.50%, Mn 25-100 mg/kg, Zn 30-80 mg/kg, Cu 10-20 mg/kg dry matter.

Table 6. *Effect of P supplies on the composition of air-dry sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörcsök 1982).* (1) Plant organ, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Leaf, (7) Stalk, (8) Head, (9) Achene.

Table 7. *Effect of P and K supplies on the major element ratios of air-dry sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörcsök, 1982).* (1) Plant organ, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P₂O₅, mg/kg, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Leaf, (7) Stalk, (8) Head, (9) Achene, (10) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg, (11) Calculated optimum ratios in the leaf: 100-600 Ca/Zn, 150-500 P/Cu, 50-150 P/Zn, 5-15 K/Mg.

Table 8. *Effect of N and K supplies on the element uptake of sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyhörcsök, 1982).* (1) Plant organ, (2) N supply levels, kg/ha/year, (3) LSD_{5%}, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Stalk, (7) Head, (8) Achene, (9) Total, (10) Ammonium lactate (AL)-soluble K₂O, mg/kg, (11) Total: stalk + achene at harvest.

Table 9. *Effect of P supplies on the element uptake of sunflower (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyőrösök, 1982).* (1) Plant organ, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble, P_2O_5 , mg/kg, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) Shoot, (6) Stalk, (7) Head, (8) Achene, (9) Total, (10) Total: stalk + head + achene at harvest.

Table 10. *Extreme values of the nutrient pool of sunflower at harvest (loamy chernozem soil with lime deposits, Nagyőrösök, 1982).* (1) Element, units, (2) Head, (4) Achene, (5) Total, (6) Specific element requirements (for 1 t seed + the relevant by-products) 29-58 kg N, 9-25 kg P_2O_5 , 47-116 kg K_2O , 22-36 kg CaO, 11-25 kg MgO (Transformation factors: $P \times 2.29 = P_2O_5$, $K \times 1.2 = K_2O$, $Ca \times 1.4 = CaO$, $Mg \times 1.57 = MgO$), (7) Mean specific requirements: 42 kg N, 19 kg P_2O_5 , 82 kg K_2O , 30 kg CaO, 18 kg MgO.

L.KÁDÁR – D. FÖLDESI (2001): Mineral fertilisation of poppy (*Papaver somniferum* L.) on calcareous loamy chernozem soil. I.

Summary

1. The $P \times K$ interactions were already pronounced in the early rosette phase of development, and flowering was initiated and completed 7-10 days earlier on well-supplied soil. In the dry year 1983 a seed yield of 200 kg/ha was obtained on soil unfertilised for 10 years, while the yield was 800 kg/ha in the optimum $N_1P_1K_2$ treatment. In this same treatment the capsule yield rose from 182 kg/ha to 586 kg/ha and the stalk yield from 708 kg/ha to 2084 kg/ha.
2. The optimum supply level was provided by 177 mg/kg AL- P_2O_5 and 232 mg/kg AL- K_2O in the ploughed layer. A balanced PK supply was able to counteract the negative effect of drought to a considerable extent and even over-fertilisation did not cause a significant yield depression. Excessive N, however, led to a significant 10% reduction in plant number.
3. The total air-dry yield amounted to 1.3 t/ha on the control plot and to 4.3 t/ha in the $N_2P_1K_2$ treatment. On average the roots made up 16%, the stalks 49%, the capsules 15% and the seed 20% of the air-dry biomass at harvest.
4. An improvement in the PK supplies also led to an increase in the capsule mass, the number of capsules per plant and the number of capsules per hectare. P fertilisation had a decisive influence on the yield components: the 1000-seed mass rose on average by 15%, the number of seeds per capsule by 37%, the seed yield per capsule 52% and the seed yield per plant by 106%.
5. The individual plant production showed differences of an order of magnitude. In an 80-100 cm stand, plants measuring only 50-60 cm are unable to satisfy their light and nutrient requirements, leading to a drastic reduction in capsule number capsule diameter, 1000-seed mass, seed mass per capsule, seed oil% and oil and morphine base yield. The analysis of individual plants showed that poorly developed status is also indicated by low P and K concentrations or uptake.

Table 1. *Fertilisation treatments applied in the experiment and the available element pool of the soil (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyőrösök, 1981-1982).* (1) Element, (2) Treatments, supply, levels, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) Active agents applied kg/ha/10 years, (6) Found in the soil in autumn 1982, mg/kg dry matter, (7) KCl-soluble NO_3-N averaged over the 0-60 cm layer, ammonium lactate-soluble P_2O_5 and K_2O in the ploughed layer.

Table 2. *Effect of PxK supplies on the development of poppy (cv. Kék Duna). (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Scoring for stand development on June 1st in the rosette stage, (5) Air-dry roots, g/27 plants, on June 1st in the rosette stage, (6) Air-dry shoots g/27 plants on June 1st in the rosette stage, (7) Scoring for flowering on June 20th, (8) Scoring on June 1st: 1= very poorly developed, 5= very well developed stand, (9) Scoring on June 20th: 1= less than 10% flowering, 5= 100% flowering, (10) In the rosette stage the roots contained 20% air-dry matter and the shoots 10% on average.

Table 3. *Effect of PxK supplies on the air-dry yield of poppy (cv. Kék Duna). (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 mg/kg, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Roots t/ha, (5) Stalks t/ha, (6) Capsules, t/ha, (7) Seed t/ha, (8) Note: N fertilisation led to a surplus 71 kg seed and 76 kg capsules per hectare. Moisture content of the seed 6%, of the roots and stalk 7% and of the capsule 10%.

Table 4. *Effect of PxK supplies on the yield components of poppy (cv. Kék Duna). (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 mg/kg, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Empty capsules g/capsule (5) Capsules/plant, (6) Capsule mass g/plant, (7) Capsule/ha (x1000), (8) Note: The number of plants per hectare at harvest averaged 218,000, which was significantly reduced by 10% by excessive N compared to the control.

Table 5. *Effect of PxK supplies on the yield components of poppy (cv. Kék Duna). (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 mg/kg, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) 1000-seed mass, g, (5) Seed number/capsule (x1000), (6) Seed mass g/capsule, (7) Seed yield g/plant, (8) Note: As the P supplies improved the seed/capsule mass ratio rose from 1.2 to 1.4 and the number of capsules/plant from 1.4 to 1.9.

Table 6. *Correlations between the mass of individual poppy plants (cv. Kék Duna) and other parameters (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök 1989).* (1) Measured parameter or yield component, (2) Air-dry mass of individual rooted plant samples g/plant, (3) Plant height, cm, (4) Root g/plant, (5) Stalk, g/plant, (6) Capsules g/plant, (7) Seed g/plant, (8) Seed/capsule ratio, (9) Aboveground organs/roots ratio, (10) No. of capsules/plant, (11) Capsule diameter cm/capsule, (12) Capsule diameter cm/plant, (13) seed g/capsule, (14) 1000-seed mass, g, (15) Seed oil %, (16) Morphine base of the capsule, %, (17) Oil yield g/plant, (18) Morphine base mg/plant, (19) In the root, (20) In the stalk, (21) In the capsule.

Figure 2. *Correlation between the plant height and capsule yield of poppy (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983, cv. Kék Duna).* (1) Empty capsule mass g/plant, (2) Plant height, cm.

LKÁDÁR – D. FÖLDESI – J. VÖRÖS – J. SZILÁGYI – MRS. D. LUKÁCS (2001): Mineral fertilisation of poppy (*Papaver somniferum* L.) on calcareous loamy chernozem soil. II.

Summary

The effect of various N, P and K supply levels on the disease resistance, quality traits and nutrient uptake of poppy was studied in a 10-year mineral fertilisation experiment. The major results were as follows:

1. In the dry year of 1983 a seed yield of 200 kg/ha was obtained on soil unfertilised for 10 years, while the yield was 800 kg/ha in the optimum $N_1P_1K_2$ treatment. The infection of the capsules with *Cladosporium herbarium* Link. was increased from 42% to 52% by excessive N supplies. The damage caused by the poppy ceutorrhynchid beetle (*Ceutorrhynchus macula alba* Hbts.) and the poppy fly (*Dasineura papaveris* Winn.) rose from 1% to 5-6 % as the result of combined over fertilisation with N and P. Unjustifiably high rates of N and P thus not only promote the formation of useful yield, but also the more frequent occurrence of diseases and pest damage.
2. Excessive N supplies reduced the oil content of the seed yield from 45.3% to 42.9%. The oil contained on average 72% linoleic acid, 17% oleic acid, 8% palmitic acid, 2% stearic acid and 1% linolenic acid. As the result of excessive NP supplies the quantities of oleic acid and linolenic acid decreased, while that of linoleic acid increased, thus changing the relative quantities and ratios of fatty acids.
3. The concentration of alkaloids in the capsule increased as the result of N fertilisation and generally decreased after P fertilisation. Narcotine and narcotine responded sensitively to P over fertilisation, the quantities of these alkaloids dropping to half on over-fertilised plots. On average the dry capsules contained 0.2 mg/g thebaine, 0.7 mg/g narcotine, 1.1 mg/g narcotine and 7.2 mg/g morphine, with a total alkaloid content of 9.3 mg/g. In the rosette stage the roots had a total alkaloid content of 0.1-0.2 mg/g and the shoots 5.2 mg/g (4.6 mg morphine, 0.6 mg thebaine) in the dry matter.
4. With an improvement in the NPK supplies (compared with the control and calculated per hectare) the oil yield rose from 109 kg to 334 kg, the total alkaloid yield from 2.2 kg to 5.7 kg, the morphine from 1.6 kg to 4.4 kg, the narcotine from 232 g to 303 g and the thebaine from 33 g to 123 g. Although N or P fertilisation reduced the chemical quality parameters (oil or alkaloids) in some cases, it improved the oil and alkaloid yields through the yield surplus.
5. The yield surplus was not significant at above supply levels of 177 mg/kg AL- P_2O_5 and 232 mg/kg AL- K_2O . On this type of soil poppy can satisfy its nutrient requirements with supplies of 100 kg/ha/year N and AL-soluble contents of 200 mg/kg P_2O_5 and 250 mg/kg K_2O . On the basis of plant diagnostic optima, satisfactory supplies are indicated by 2.5-3.0% N, 0.50-0.60% P and 5.0-6.0% K in the shoots at the rosette stage or 3.0-3.5% N, 0.40-0.50% P and 3.0-4.0% K in well-developed leaves from the middle of the plant at the beginning of flowering. These data can be used as guidelines for the extension service.
6. The element requirement of 1 t seed and the relevant capsule + stalk yield can be characterised as 83 kg N, 16 kg P (37 kg P_2O_5), 93 kg K (112 kg K_2O), 65 kg Ca, 11 kg Mg, 8 kg Na and approximately 800 g Fe, 200 g Mn, 50 g Zn and 30-40 g Cu on this type of soil. The seed yield contained 47% of the N, 57% of the P, 61% of the Zn and 45% of the Cu. The capsule accumulated 52% of the Na, while the stalk yield contained 65% of the K, 47% of the Ca, 41% of the Mg, 86.1% of the Fe and 48% of the Mn.

Table 7. *Effect of NxP supplies on the disease resistance of poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) % of capsules infected with *Cladosporium*, (6) % of capsules infected with poppy ceoturhynchid beetle, (7) Mass of capsules infected with poppy ceoturhynchid beetle, g/capsule.

Table 8. *Effect of NxP supplies on the oil % and fatty acid composition of the seed yield of poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) % oil, (6) % oleic acid (18:1) in the oil, (7) % linoleic acid (18:2) in the oil, (8) % linoleic acid (18:3) in the oil, (9) On average there was 8% palmitic acid (C 16) and 2% stearic acid (C 18) in the oil, which was not dependent on the nutrient supplies. (10) At the same site in 1982 there was an average of around 66% linoleic acid, 24% oleic acid, 6% palmitic acid and 4% stearic acid in sunflower oil.

Table 9. *Effect of NxP supplies on the alkaloid content of the capsules of poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Annually, (2) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) Total alkaloids mg/g dry matter (6) Morphine mg/g dry matter, (7) Narcotine mg/g dry matter, (8) Thebaine mg/g dry matter, (9) Note: in the rosette stage the shoot contained 5.2 mg/g total alkaloids (4.6 mg/g morphine and 0.6 mg/g thebaine) on average, irrespective of the NPK supplies.

Table 10. *Effect of PxK supplies on the oil yield of the seed and the alkaloid yield of the capsules of poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil Nagyhörcsök, 1983).* (1) Ammonium lactate (AL)-soluble P_2O_5 , mg/kg, (2) $LSD_{5\%}$, (3) Mean, (4) Oil yield kg/ha, (5) Total alkaloids kg/ha, (6) Morphine kg/ha, (7) Narcotine g/ha, (8) Thebaine g/ha, (9) Note: At the same site in 1982 the oil yield of sunflower was 1.5 t/ha, averaged over the experiments.

Table 11. *Effect of NPK supplies on the element content of air-dry poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Plant organ, (2) NPK levels, (3) $LSD_{5\%}$, (4) Mean, (5) As the result of N, (6) Root, (7) Shoot, (8) Leaf, (9) Stem, (10) Capsule, (11) Seed, (12) As the result of P, (13) As the result of K, (14) ¹ in the rosette stage on June 1st, ² prior to flowering on June 16th, ⁺ at harvest on July 20th.

Table 12. *Element composition of the organs of air-dry poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Element, (2) Unit, (3) Root, (4) Shoot, (5) Leaf, (6) Stem, (7) Capsule, (8) Seed, (9) Note: In the rosette stage on June 1st, prior to flowering on June 16th, at harvest on July 20th.

Table 13. *Mean element uptake of poppy (cv. Kék Duna) (Calcareous loamy chernozem soil, Nagyhörcsök, 1983).* (1) Element, (2) Unit, (3) Root, (4) Stem, (5) Capsule, (6) Seed, (7) Total, (8) Specific element requirements of 1 t seed + the relevant capsules and stems: 93 kg K (112 kg K_2O), 83 kg N, 65 kg Ca, 16 kg P (37 kg P_2O_5), 11 kg Mg, 8 kg Na, roughly 800 g Fe, 200 g Mn, 50 g Zn and 30-40 g Cu, (9) Together with the roots.

V. Az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet munkatársainak kiadványai 1980-2012 között

1. ELEK ÉVA & KÁDÁR IMRE (1980): Állókultúrák és szántóföldi növények mintavételi módszere. Mezőgazdasági és Élelmiszerügyi Minisztérium MÉM NAK. Budapest. 55 p.
2. KÁDÁR IMRE (1991): A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 104 p.
3. KÁDÁR IMRE (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet). Budapest. 398 p.
4. KÁDÁR IMRE (1993): A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium – MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 112 p.
5. DITZ, HEINRICH (1867): A magyar mezőgazdaság. Szerk.: Kádár I. (1993) MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 247 p.
6. KÁDÁR IMRE & SZEMES IMRE (1994): A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest. Akaprint. 248 p.
7. CSATHÓ PÉTER (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrár-termelés. Szakirodalmi Szemle. Akaprint. Budapest. 182 p.
8. KÁDÁR IMRE (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Környezetvédelmi Minisztérium-MTA TAKI. REGICON Nyomda. Kompolt. Budapest. 388 p.
9. LIEBIG, JUSTUS V. (1840–1876): Kémia alkalmazása a mezőgazdaságban és a növényélettanban. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 341 p.
10. THAER, ALBRECHT (1809–1821): Az ésszerű mezőgazdaság alapjai. Trágyázás-tan. Szerk.: Kádár I. (1996) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 100 p.
11. NÉMETH TAMÁS (1996): Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI. Budapest. 382 p.
12. KÁDÁR IMRE (1998): Kármentesítési Kézikönyv 2. A szennyezett talajok vizsgálatáról. Környezetvédelmi Minisztérium. Nyomda: FHM. Budapest. 151 p.
13. LÁSZTITY BORIVÓJ (2004): A nem-esszenciális elemek forgalma hazai gabona-félékben. Műegyetemi Nyomda. Budapest. 94 oldal.
14. RAJKAI KÁLMÁN (2004): A víz mennyisége, eloszlása és áramlása a talajban. Licium-Art Kft. Debrecen. 208 oldal.
15. NÉMETH TAMÁS & MAGYAR MARIANNA (Szerk. 2005): Üzemi szintű tápanyag - mérleg számítási praktikum (Üzemi tápanyagmérlegek számításának alapelvei és módszerei). Spácium Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 116 p.

16. NÉMETH TAMÁS (Szerk. 2005): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Ünnepi ülés Várallyay György 70. születésnapja alkalmából. MTA TAKI. Spácium Kiadó és Nyomda Kft. Budapest. 180 p.
17. KOVÁCS GÉZA JÁNOS & CSATHÓ PÉTER (Szerk.): A magyar mezőgazdaság elemforgalma 1901 és 2003 között. Agronómiai és környezetvédelmi tanulságok. MTA TAKI–FVM, OPENART. Budapest. 264 p.
18. LIEBIG, JUSTUS (1842): A szerveskémia alkalmazása az élettanban és a kórtanban. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 132 p.
19. WOLFF, EMIL (1872): Gyakorlati Trágyázástan. A fontosabb növényi tápanyagokról szóló bevezetéssel. Közérthető agrokémiai vezérfonal. Szerk. Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 128 p.
20. NÉMETH TAMÁS, NEMÉNYI MIKLÓS & HARNOS ZSOLT (Szerk. 2007): A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATEPress – MTA TAKI. Szeged. 239 p.
21. WILHELM KÖRTE (1839): ALBRECHT THAER élete és munkássága orvoscént és mezőgazdaként. Szerk.: Kádár I. (2007) MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 185 p.
22. KÁDÁR IMRE (2010): Az MTA TAKI 60 éve (Kommentár nélkül). MTA TAKI. Akaprint. 120 p.
23. KÁDÁR IMRE, SZEMES IMRE, LOCH JAKAB & LÁNG ISTVÁN (2011): A nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérlet 50 éve. MTA TAKI. Akaprint. Budapest. 110 p.
24. KÁDÁR IMRE, MÁRTON LÁSZLÓ & LÁNG ISTVÁN (2012): Az őrbottyáni 50 éves örök rozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérlet tanulságai. MTA ATK TAKI. Budapest. 172 p.
25. KÁDÁR IMRE (2012): A mezőföldi műtrágyázási tartamkísérlet első évtizedének tanulságai. MTA ATK TAKI. Budapest. 177 p.
26. KÁDÁR IMRE (2012): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. MTA ATK TAKI. Budapest. 359 p.

Beszerezhetők a szerzők címén: 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Postacím: 1525 Budapest, Pf. 35. Tel./Fax: 212-2265

illetve letölthetők az MTA ATK TAKI honlapról

<http://www.mta-taki.hu/osztalyok/agrokemiai-osztaly/munkatarsak>